

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. D. Giesecke

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DIE CHOLESTERIN- UND THYROXIN - GEHALTE
IM PLASMA VON
HOLSTEIN - FRIESIAN- UND DEUTSCH - FLECKVIEH - KÜHEN
MIT HOHER MILCHLEISTUNG**

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der tierärztlichen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig - Maximilians - Universität
München

von
Jörn Radtke
aus Husum

München 1985



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547927_0124

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. D. Giesecke

Untersuchungen über die Cholesterin- und Thyroxin-Gehalte
im Plasma von Holstein-Friesian- und Deutsch-Fleckvieh-
Kühen mit hoher Milchleistung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tierärztlichen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Jörn Radtke
aus Husum

München 1985

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker
Referent: Prof. Dr. D. Giesecke
Korreferent: Prof. Dr. R. Schulz

Tag der Promotion: 28. Februar 1986

Die Arbeit wurde aus Mitteln der
H. WILHELM SCHAUMANN-STIFTUNG
unterstützt

Meiner Mutter gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1.	Cholesterin	3
1.1.1.	Biosynthese, Funktion und Ausscheidung	3
1.1.2.	Einflüsse auf die Cholesterinkonzentration im Plasma	4
1.2.	Thyroxin	9
1.2.1.	Biosynthese, Funktion und Ausscheidung	9
1.2.2.	Einflüsse auf die Thyroxinkonzentration im Plasma	11
2.	MATERIAL UND METHODEN	15
2.1.	Tiermaterial, Haltung und Fütterung	15
2.2.	Zeitlicher Versuchsablauf	17
2.3.	Probengewinnung und -konservierung	17
2.4.	Analytische Methoden	19
2.5.	Statistische Methoden	21
3.	ERGEBNISSE	22
3.1.	Cholesteringehalt im Plasma	22
3.1.1.	Cholesterinspiegel bei HF-Kühen	22
3.1.2.	Cholesterinspiegel bei DF-Kühen	31
3.1.3.	Vergleich der Cholesterinspiegel von HF- und DF-Kühen	40
3.2.	Thyroxingehalt im Plasma	43
3.2.1.	Thyroxinspiegel bei HF-Kühen	43
3.2.2.	Thyroxinspiegel bei DF-Kühen	46
3.2.3.	Vergleich der Thyroxinspiegel bei HF- und DF-Kühen	49
3.3.	Beziehungen zwischen den Stoffwechselfparametern	50
3.4.	Beziehungen zwischen Stoffwechselfparametern und Milchleistung	51
4.	DISKUSSION	53
5.	ZUSAMMENFASSUNG	58
6.	SUMMARY	60
7.	LITERATURVERZEICHNIS	62

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

"Die Laktation ist eine zunächst der Ernährung der eigenen Nachkommen zuge dachte biologische Leistung, die speziell beim Rind im Verlaufe der Domestikation und Züchtung zu einem gewaltigen "Produktionsprozeß" gesteigert worden ist, der mengenmäßig weit über die Erfordernisse des Kalbes hinausgeht" (KARG u. CLAUS, 1981).

Da schon früh erkannt worden ist, daß das Milchprotein als hochwertiges Nahrungsmittel mit einem so hohen Wirkungsgrad erzeugt werden kann wie kein anderes tierisches Protein, war und ist man bemüht, die Milchproduktion mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln weiter zu steigern. Die Erfolge treten am deutlichsten durch die Rekordzahlen aus den hochleistungszuchtbetreibenden Ländern zu Tage.

Von den 25 089 000 in der Europäischen Gemeinschaft gehaltenen Milchkühen entfallen 5 427 000 auf die Bundesrepublik Deutschland (KRÄUSSLICH, 1981), wobei bei einzelnen Tieren von Höchstleistungen pro Kuh über 11 000 kg Milch und nahezu 8 000 kg Milch als Jahresdurchschnitt berichtet wird. Die in den USA (Holstein-Friesian-Kühe) veröffentlichten Rekordleistungen pro Kuh und Jahr betragen bei einzelnen Tieren 20 000 kg Milch. Von Lebensleistungen mit 100 000 - 150 000 kg Milch ist des öfteren zu lesen.

Die Erwartungen in die schon längere Zeit diskutierten stoffwechselphysiologischen Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen werden zwangsläufig weiter erhöht.

"Jede Leistung schließt Belastung ein, und dieser sind natürliche Grenzen gesetzt. Trotz jahrelanger "Optimierungsmaßnahmen" von allen Seiten weisen die vielerorts gemachten Erfahrungen über begrenztes Futteraufnahmevermögen, Stoffwechselstörungen und andere Belastungsmerkmale auf Leistungsgrenzen hin, die mit der Stoffwechselregulation zusammenhängen" (GIESECKE, 1981).

Es setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, daß die auf Leistungsgrenzen hinweisenden Belastungsmerkmale am deutlichsten in dem Zeitraum um die Kalbung herum sichtbar wer-

den. Insbesondere wird dafür das große Energiedefizit während der Geburt, des Puerperiums und der einsetzenden Milchbildung verantwortlich gemacht. Außerdem ändern sich mit dem Übergang von der Trächtigkeit zur Laktation der Bedarf und der Umsatz vieler Metaboliten (STÖCKL, SCHUK und SCHMID, 1974).

Schon ROBERTSON et al. (1957) vermuteten, daß die Ketose der Milchkuh durch eine durch Hypothyreoidismus induzierte Nebennierenrinden-Insuffizienz verursacht werden könnte. HEITZMAN und MALLISON (1972) stellten fest, daß Kühe mit Ketose einen extrem niedrigen Plasma- T_4 -Spiegel aufwiesen.

Durch die ständige Intensivierung der Landwirtschaft wird die Notwendigkeit zwingend, die Leistungsgrenzen der Tiere möglichst schon vor ihrer Nutzung in der Milch- und Fleischproduktion sowie Zucht erfassen zu können. Um Zusammenhänge von Blutmetaboliten mit stoffwechselbedingten Herdenproblemen sowie physiologischen Leistungen erkennen zu können, sind aussagekräftige Profile über möglichst lange und entscheidende Zeiträume notwendig.

Durch Untersuchungen an Holstein-Friesian-Kühen des Lehr- und Versuchsgutes der Tierärztlichen Fakultät über die verschiedenen Metaboliten im Blut, insbesondere über Freie Fettsäuren (KOSAK, 1980), Fettgewebslipolyse (MEYER, 1983), Insulin (VEITINGER, 1983), Insulinresistenz (THEVIS, 1984) und Insulinrezeptoren (ERTL, 1985) sollen geeignete Stoffwechselparameter, besonders für die Ermittlung von Belastungszuständen, erarbeitet werden.

Der eigenen Arbeit wurde zum Ziel gesetzt, bei diesen Kühen im Vergleich zu solchen der Rasse Deutsches Fleckvieh auf dem Staatsgut in Achselschwang in dem Zeitraum von 3 - 4 Wochen vor bis 6 Wochen nach der Kalbung die Plasmaspiegel von Cholesterinestern und freiem Cholesterin sowie den Thyroxingehalt zu bestimmen. Dabei sollte ein neuer Enzym-Immuno-Assay erprobt werden. Die tierexperimentellen Untersuchungen wurden in der Zeit von November 1981 bis Juni 1982 durchgeführt.

1.1. CHOLESTERIN

1.1.1. BIOSYNTHESE, FUNKTION UND AUSSCHIEDUNG

Zur Biosynthese von Cholesterin sind, nicht nur beim Wiederkäuer, praktisch alle Körperzellen befähigt. 97 % des Cholesterins werden jedoch im Jejunum, in der Leber und in der Haut gebildet (SWENSON, 1977; BELL, 1981). Bisher war man der Auffassung, daß es für reine Herbivoren keine exogene Cholesterinquelle gäbe, jedoch stellten PAILER und RIEDL (1978) fest, daß auch in einigen Weidegräsern Cholesterin enthalten ist.

Das Cholesterin, ein C-27-Steringerüst (Cholest-5en-3 β -ol), liegt im Blut zum Teil in freier, ungebundener Form und zu ca. 60 - 80 % verestert vor, wobei es überwiegend mit langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren verbunden ist (CHRISTIE, 1981). In der Milch dagegen liegt es praktisch nur in freier Form vor (TRETEVICH et al., 1979).

In der Haut wird Cholesterin zum Teil durch enzymatische, zum Teil durch photochemische Reaktionen in Cholecalciferol umgewandelt und gilt daher als Provitamin D₃ (STRYER, 1983). Endokrine Organe wie Nebennierenrinde, Ovar und Testes enthalten Enzymsysteme, die Cholesterin in Progesteron überführen. Daraus leiten sich wiederum die fünf Hauptklassen der Steroidhormone ab: Gestagene, Androgene, Östrogene, Gluco- und Mineralocorticoide (STRYER, 1983).

Das in erster Linie mit der Galle in den Darm ausgeschiedene Cholesterin ist dort an der Resorption der Lipide beteiligt. Ein Teil wird dort entweder als Cholesterinester oder als freies Cholesterin nach Spaltung durch die im Darmsaft enthaltene Cholesterin-Esterase unter Vermittlung der Gallensäuren reabsorbiert. Der größte Teil wird jedoch durch Darmbakterien zu Koprosterin reduziert und mit dem Faeces ausgeschieden (SWENSON, 1977).

1.1.2. EINFLÜSSE AUF DIE CHOLESTERINKONZENTRATION IM PLASMA

Die Lipidkonzentration des Plasmas beim Wiederkäuer hängt von zahlreichen Faktoren, wie z.B. Alter, Rasse (SOMMER, 1970) und Geschlecht ab. Speziell die Cholesterinkonzentration ist u.a. auch abhängig von Ort und Zeitpunkt der Probenentnahme, von der Fütterung, von der Mikroflora im Pansen und nicht zuletzt vom Laktationsstadium (CHRISTIE, 1981). GRAF et al. (1980) wiesen auf die genetisch bedingte Differenz der Serumwerte, u.a. des Cholesterins, hin, die den individuell verschiedenen Reaktionen der Wiederkäuer auf Stoffwechselbelastung entsprechen.

Bei Kälbern zeigen sich schon in den ersten Wochen deutliche Unterschiede. So ist der Cholesterinspiegel bei weiblichen Kälbern um ca. 7 % höher als bei männlichen (EDFORS-LILJA et al., 1978). Bei Kälbern, die drei Monate mit Milch bei gleichzeitigem Zugang zu gemischter Weide ab der 2. - 3. Lebenswoche gefüttert wurden, und die vom 4. Monat an auf Konzentrat und Luzerne umgestellt wurden, stieg die Konzentration des Plasmacholesterins schnell an. Cholesterinester, freies Cholesterin und Phospholipidwerte stiegen, während Triglyceride veränderlich waren und freie Fettsäuren sanken (CHRISTIE, 1981). Nach dem dritten Monat sanken alle Werte ab.

Tab. 1: Cholesterinwerte im Plasma von Kälbern in mg.l^{-1}
(nach CHRISTIE, 1981)

Alter	Gesamt-lipide	Cholesterin-ester	freies Cholesterin
partus	1 400	372	80
2 d	2 507	675	133
6 d	2 950	1 033	182
10 d	3 483	1 318	199
30 d	3 920	1 613	240
3 Mo	4 013	1 590	233
4 Mo	3 120	1 287	182
6 Mo	3 142	1 183	155

Diesen Untersuchungen zufolge ist bei Kälbern bereits innerhalb der 1. Lebenswoche der Spiegel der erwachsenen Tiere erreicht, CORNELIUS und KANECO (1963) geben als Durchschnittswerte für Gesamt-Cholesterin im Plasma von adulten Kühen $1100 \pm 320 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ an, wovon $370 \pm 150 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ als freies und $730 \pm 150 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ als verestertes Cholesterin vorliegen.

In den Plasmalipiden von erwachsenen Kühen stellen Cholesterinester und Phospholipide die Hauptfraktionen dar, während Triglyceride, freies Cholesterin und freie Fettsäuren zurücktreten. Die Cholesterinester sind bei adulten Kühen charakterisiert durch den niedrigen Gehalt an gesättigten Fettsäuren und den hohen Gehalt an Linol- und Linolensäure. In keiner anderen Fettfraktion und in keinem anderen Gewebe ist der Gehalt an ungesättigten Komponenten so hoch. Im Gegensatz hierzu dominieren bei Neugeborenen die gesättigten Fettsäuren in den Cholesterinestern (CHRISTIE, 1981).

Im Verlaufe der Gravidität steigen die absoluten Werte von Cholesterinestern, Triglyceriden und Phospholipiden an, wobei jedoch die Proportionen konstant bleiben (REMOND et al., 1973). Bei Einsetzen der Milchsekretion steigt der Fettbedarf sprunghaft an. Er muß zum Teil über die Plasmalipide gedeckt werden, deren Zusammensetzung sich während der Laktation verändert. Dabei spielen auch die veränderten Hormonspiegel bei Geburt und Laktation eine wichtige Rolle.

(CHRISTIE, 1981). Die Literaturangaben über die veränderte Lipidzusammensetzung sind jedoch äußerst widersprüchlich (CHRISTIE, 1981).

Für das Laktationsstadium und die Plasmakonzentration des Cholesterins besteht eine signifikante Korrelation für die Tage nach der Kalbung (EDFORS-LILJA, 1978; PUPPIONE et al., 1980; KRONFELD et al., 1982). Auch für die späte Laktation wurde eine positive Korrelation gefunden, nicht jedoch für die Gesamtlaktation (PUPPIONE et al., 1980). Maximalwerte wurden in der Laktationsmitte, Minimalwerte zur Zeit der Kalbung gefunden (HJÄRRE, 1920; SOMMER, 1970; BOSTEDT, 1972; FURTMAYER, 1975; PUPPIONE et al., 1980). Keine Korrelation

bestand dagegen für die Cholesterinkonzentration und die Milchproduktion (EDFORS-LILJA et al., 1978). Trotz intensiver Hydrogenierung der Nahrungsfette im Vormagen können diese bis zu einem gewissen Grade die Zusammensetzung der Plasmalipide beeinflussen. Durch Zufütterung von fettreichem Ergänzungsfutter verändert sich der Plasmaspiegel des freien und des veresterten Cholesterins beim Wiederkäuer gleichermaßen (BELL, 1981). Ist das Ergänzungsfutter durch Formaldehyd-Behandlung gegen die Umbauvorgänge im Pansen geschützt, ist ein deutlicher Anstieg der Cholesterinsynthese im Dünndarm zu verzeichnen, wohingegen die Synthese in der Leber gehemmt wird. Die Erhöhung des intestinalen Cholesterinaufbaus spricht dafür, daß zusätzlich Cholesterin für den Transport des vermehrt aufgenommenen und absorbierten Fettes bereitgestellt werden muß. Denn bei Wiederkäuern sind Cholesterinester wichtiger für den Fettransport als bei den meisten Nichtwiederkäuern. Die Hemmung der Leber-Cholesterinsynthese wird vermutlich über einen Rückkopplungsmechanismus über das vermehrt gebildete extrahepatische, endogene Cholesterin bewirkt (BELL, 1981). In ähnlicher Weise scheint Hungern die Synthese des Leber-Cholesterins zu reduzieren. Dabei sind die Mechanismen noch nicht restlos erforscht. Ein wichtiger Faktor könnte die spezifische Anhäufung von Cholesterin an der mikrosomalen Membran sein, die zugleich auch Sitz der Hydroxymethylglutaryl-CoA-Reduktasesynthese ist. Dieses Enzym reguliert die Leber-Cholesterinbildung (BELL, 1981).

Alle Plasmalipide steigen in ihrer Konzentration, wenn Wiederkäuer über einen relativ kurzen Zeitraum (1 - 3 Wochen) mit Ergänzungsfutter mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren gefüttert werden. Dies wurde sowohl bei unbehandeltem als auch bei formaldehyd-behandeltem, geschütztem Futter festgestellt. Bei laktierenden Kühen steigt in dieser Situation besonders das freie Cholesterin (CHRISTIE, 1981). Dies scheint eine Folge der erhöhten Cholesterinsynthese im Darm. (BELL, 1981) und der erniedrigten Beseitigung von Cholesterin

aus dem Plasma durch die Milchdrüse zu sein (CHRISTIE, 1981).

Die Wirkungen von Kälte- und Hitzeexposition sind je nach Alter der Tiere unterschiedlich stark ausgeprägt. Werden Kälber extremer Hitze (zwischen 22°C und 35°C) ausgesetzt, so sinkt die Gesamtlipidkonzentration ständig ab, bis sich nach 7 - 8 Wochen die Konzentration von freiem Cholesterin und Cholesterinestern bei 60 % der Normwerte eingependelt hat. Kälteexpositionen hatten keinen Einfluß auf die Cholesterinwerte (CHRISTIE, 1981).

Bei adulten Kühen beeinträchtigte Hitzestress post partum ebenfalls den Lipidstoffwechsel. Die Kompensationsmechanismen der Tiere verhindern jedoch einen Rückgang der Milchproduktion. Die Milchmenge blieb gleich, jedoch nahmen Milchlaktose, Glukose und Cholesterin in der Milch ab (FUQUAY, 1980).

Die Interaktionen zwischen Cholesterin und anderen Stoffwechselfparametern sind vielfältig. So stellte BEYNEN (1983) die Hypothese auf, daß der Plasmacholesterinspiegel die Glukosetoleranz bestimme. Durch Verfütterung von Cholesterin an Jungrinder erzielte er nicht nur eine Steigerung der Plasmacholesterinkonzentration, sondern auch eine Anhebung des postprandialen Glukosespiegels. In einer weiteren Versuchsreihe fand er jedoch, daß eine durch die Fütterung herbeigeführte Hypercholesterinämie eine Verschlechterung der Glukosetoleranz verursacht. Er führt dies eher auf eine beeinträchtigte Clearance der Blutglukose zurück als auf erhöhte intestinale Aufnahme. Möglicherweise induzieren hohe Konzentrationen von Serum-Cholesterin ein vergrößertes Cholesterin-Phospholipid-Verhältnis der Membranen, was wiederum zu einer verminderten Empfindlichkeit gegenüber Insulin und/oder zu einem verschlechterten Glukosetransport durch die Membranen führen könnte (BEYNEN, 1983). Umgekehrt läßt sich bei Ratten ein Aktivitätszuwachs bei der Cholesterinsynthese durch Glukosegaben induzieren (TAKEUCHI et al., 1975).

Auch zwischen dem Cholesterinstoffwechsel und den Schilddrüsenhormonen bestehen Wechselwirkungen. So weisen Ratten mit Hyperthyreoidismus einen niedrigeren Serumcholesterinspiegel auf als Ratten mit hypothyreoter Stoffwechsellaage. Auf die Gabe exogenen Cholesterins zeigten hypothyreote Ratten einen größeren Anstieg der Cholesterinkonzentration als hyperthyreote Ratten (TAKEUCHI et al., 1975). Wird den Ratten exogenes Thyroxin zugeführt, sinkt der Spiegel des Serumcholesterins und des Cholesterins in der Leber signifikant. Für diese Reaktion ist jedoch eine intakte Schilddrüse Voraussetzung (STORY and GRIFFITH, 1972). Die durch die Schilddrüsenhormone herbeigeführte Senkung des Cholesterinspiegels wird vermutlich nicht verursacht durch eine Senkung der Biosynthese, sondern durch die Verteilung des Cholesterins, das rascher ins Gewebe aufgenommen wird. Eine Cholesterinspiegelsenkung durch Hemmung der Biosynthese verursachen dagegen die Östrogene (BUDDECKE, 1980).

1.2. THYROXIN

1.2.1. BIOSYNTHESE, FUNKTION UND AUSSCHIEDUNG

Die Biosynthese des Thyroxins erfolgt über die Jodierung und teilweise Kondensation des Tyrosins zu Mono-, Di- und Trijodthyronin in der Schilddrüse. Der größte Teil wird weiter umgewandelt zu Tetrajodthyronin, dem Thyroxin. Die Synthese und die Exkretion werden über Hypothalamus (Thyreotropin Releasing Hormon, TRH) und Hypophyse (Thyreotropes Hormon, TSH) gesteuert (CONNORS u. HEDGE, 1981). Im Blut trifft man Trijodthyronin (T_3) und Thyroxin (T_4) an, die an α -Globulin und Albumin gebunden sind. Die Schilddrüsenhormone liegen im Blut - mit leichten tierartlichen Schwankungen - zu 90 - 95 % als T_4 und zu 5 - 10 % als T_3 vor (DICKSON, 1977). Bei Belastung kann der T_3 -Anteil auf über 50 % steigen (KEIDEL, 1979). Die von DICKSON (1977) zusammengestellten Serumwerte von T_4 bei verschiedenen Tierarten sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2 Thyroxinwerte im Serum von Haustieren in $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$

Tierart	n	T_4
Katze	40	$9,5 \pm 5,0$
Hund	29	$11,0 \pm 5,9$
Pferd	9	$14,7 \pm 2,1$
Schwein	6	$35,0 \pm 5,0$
Schaf	12	$37,0 \pm 6,0$
Rind	6	$41,0 \pm 7,0$
Ziege	4	$52,5 \pm 20,8$

T_4 hat eine 3-4fach höhere Affinität zu den Transportproteinen, während T_3 jedoch das weitaus aktivere Hormon ist. DICKSON (1977) stellte die Hypothese auf, daß T_4 eine Art Vorhormon sei, das auf den Transport spezialisiert sei und die eigentliche Quelle von T_3 darstelle, dem eigent-

lichen metabolisch aktiven Agens. Eine physiologische Wirkung wird jedoch nur von den Hormonen ausgelöst, die nicht an Trägerproteine gebunden sind. Dies trifft für weniger als 1 % des im Blut vorkommenden T_3 und T_4 zu (LARVOR, 1983).

T_3 und T_4 haben trotz unterschiedlicher chemischer Beschaffenheit und Wirkungsintensität die gleichen Stoffwechselwirkungen. Der wichtigste Mechanismus ist die Erhöhung des Grundumsatzes über einen erhöhten O_2 -Verbrauch. T_4 steuert bei niedriger Umgebungstemperatur die interne Wärmeproduktion (kalorigener Effekt) (SWENSON, 1977). Der Grundumsatz erfährt nach Schilddrüsenentfernung eine bedeutende Senkung. Die Wirkung auf den Proteinstoffwechsel ist dosisabhängig. Physiologische Dosen bewirken, besonders im Wachstumsalter, eine anabole Stoffwechsellage mit positiver N-Bilanz. Hohe Dosen führen hingegen zu einer katabolen Wirkung mit negativer Stickstoffbilanz. Dies erklärt die wachstumsfördernde Wirkung physiologischer, niedriger Schilddrüsenhormonspiegel (BUDDECKE, 1980).

Auf den Kohlenhydratstoffwechsel hat Thyroxin, zum Teil in Zusammenarbeit mit anderen Hormonen, folgende Wirkungen: Einerseits wird durch den erhöhten Grundumsatz die Glukoseoxidation erhöht, andererseits wirkt T_4 glykogenolytisch und lipolytisch. Leber und Fettdepots werden entspeichert, was zu einer Erhöhung von Glukose, Glycerin und freien Fettsäuren im Blut führt (GRAF, 1984). Ein Überangebot von Schilddrüsenhormonen führt zu einer herabgesetzten Glukosetoleranz. Erklärt wird dies durch vermehrte Glukoseresorption, rascheren Glykogenabbau, Erhöhung der Glukose-6-Phosphatase-Aktivität und schnelleren Insulinabbau (BUDDECKE, 1980). Bei Mangel bzw. Abfall der Schilddrüsenhormone zeigt sich ein deutlicher Anstieg des Serumcholesterinspiegels. Dies steht in scheinbarem Widerspruch zu der Tatsache, daß die Cholesterinsynthese bei hohem T_4 -Spiegel steigt und bei T_4 -Mangel fällt. Nun führt aber ein vermindertes T_4 -Angebot zu einer geringeren biliären Se-

ekretion und damit zu einer herabgesetzten Umwandlung des Cholesterins. Folglich steigt der Spiegel des Serumcholesterins (DICKSON, 1977). Ebenso kommt es bei T_4 -Überschuß zu einer Verringerung des Serumcholesterins trotz erhöhter Synthese, da der Abbau rascher erfolgt und der Umbau in Gallensäuren gesteigert wird.

1.2.2. EINFLÜSSE AUF DIE T_4 -KONZENTRATION IM PLASMA

Die Plasma- T_4 -Konzentration ist unmittelbar post partum niedriger als ante partum (KUNZ und BLUM, 1981). Mit der Laktationsstufe wächst auch die T_4 -Konzentration an (KING, 1979). Minimale T_4 -Spiegel werden zu Beginn der Laktation gemessen, maximale im 6. Laktationsmonat (MIXNER, 1962). Sowohl bei Kühen mit hoher als auch bei solchen mit niedrigerer Leistung ist der T_4 -Gehalt während der Trockenperiode höher als in der späten Trächtigkeit und Laktation (HEITZMAN et al., 1972; HART et al., 1978 u. 1979; RIIS, 1983). Somit ist die T_4 -Konzentration positiv mit dem Laktationsstadium korreliert. Die Korrelation mit der Milchleistung ist jedoch negativ (HART et al., 1979; KING, 1979; WALSH et al., 1980). Dagegen sprechen die Ergebnisse von ANDERSON (1971), der für TSH und Milchleistung eine positive Korrelation fand. Im Gegensatz dazu sahen SUTHERLAND et al. (1974) durch Arbeiten an Ronney-Schafen die Hauptgründe für die Fluktuation der T_4 -Werte eher in den unterschiedlichen Jahreszeiten als in den Laktationsstadien. Auch MIXNER et al. (1962), die im Frühjahr maximale, im Herbst dagegen minimale T_4 -Konzentrationen fanden, stellten fest, daß jahreszeitlich bedingte Umwelteinflüsse, wie Temperatur und Licht, einen weit größeren Einfluß auf die Schilddrüsensekretionsrate haben als die Laktationsstadien. Auch INGRAM und EVANS (1980) zeigten, allerdings bei Schweinen, daß der Wechsel der Umgebungstemperatur ein Hauptfaktor für die Sekretionsbeeinflussung ist. Die Sekretion des Schilddrüsenhormons steigt bei kalter und sinkt bei warmer Umgebungstemperatur bei adulten Wiederkäuern (TRENKLE, 1978). Dage-

gen fanden INGRAM und EVANS (1980) lediglich Auswirkungen kalter Umgebungen auf T_4 -Werte. Bei Kälbern erhöht sich der T_4 -Wert nur bei Haltung in 10°C - 13°C kalten Ställen (HURLEY et al., 1981). Mäßige Wärmeeinwirkung hat zu keiner Jahreszeit Einwirkung auf den Thyroxingehalt des Plasmas (KING, 1979).

Während die Umgebungstemperatur zumindest ein maßgeblicher Faktor für die Fluktuation der T_4 -Konzentrationen zu sein scheint, konnten Auswirkungen von Lichtveränderungen in Dauer, Intensität und Wellenlänge bei Versuchen mit Bullen keine Veränderungen herbeiführen (LEINING, 1980). Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Fütterung. Ausschlaggebend für die T_4 -Werte post partum ist die Größe der Futterrationen nach der Geburt. Werden die Kühe post partum bedarfsgerecht gefüttert, variieren T_3 - und T_4 -Werte nicht, gleichgültig, ob ante partum ad libitum gefüttert oder nur der Erhaltungsbedarf gedeckt wird. Werden die Tiere hingegen ante partum ad libitum gefüttert und wird zwischen dem 0. und 60. Tag post partum der Leistungsbedarf nur zu 75 % gedeckt, fallen die T_4 -Plasmakonzentrationen auf ein Minimum (KUNZ und BLUM, 1981). Auch nach fünftägigem Hungern stellte HEITZMAN (1972) einen signifikanten T_4 -Abfall fest. INGRAM und EVANS (1980) kamen durch Experimente mit markiertem T_4 an Schweinen zu dem Ergebnis, daß die Nutzungsrate des T_4 mit gesteigerter Energieaufnahme im Futter wächst. Wurde die Futtermenge erhöht, ohne die Energiedichte zu vergrößern, änderte sich die Nutzungsrate nicht. Dieses steht möglicherweise mit der Tatsache in Zusammenhang, daß Kühe, die mit über 50 % Rauhfutter gefüttert wurden, einen weit niedrigeren T_4 -Spiegel aufwiesen, als Kühe, die Futter mit höherem Energiegehalt bekommen (RIIS, 1983). Durch Verfütterung von schilddrüsenwirksamen Futterzusatzstoffen wie z.B. jodiertem Protein oder durch Thyroxin selbst gelang es, die T_4 -Konzentration stark zu erhöhen. Die durch den erhöhten Grundumsatz bedingte Stimulation der Milchsekretion erbrachte eine Steigerung der Milchleistung um 20 %, in Einzelfällen bis zu 50 %, die jedoch nur sehr

kurzfristig war (ZIEGLER und MOSIMANN, 1960). Auch BRAY (1978) sowie KARG und CLAUS (1981) berichteten übereinstimmend nach ihren Versuchen mit Mäusen und Kühen, daß die Steigerung der Milchleistung nur von kurzer Dauer war. Thyroxin wirkt vermutlich nicht auf die Milchdrüse direkt, sondern über die Erhöhung des Grundumsatzes (ZIEGLER und MOSIMANN, 1960).

Der auf diese Weise gesteigerte Stoffwechsel bedingt jedoch einen erhöhten Futterbedarf, der wirtschaftlich nur in sehr geringer Relation zur Milchleistung steht. Schon diese Nachteile zeigen, daß trotz der nachweislich guten Erfolge und der bequemen oralen Applikation im Gemisch des Kraftfutters die Zufuhr thyroxinaktiver Substanzen für die praktische Anwendung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll ist (HEIDRICH und RENK, 1963).

Der T_4 -Plasmaspiegel wird nicht nur beeinflusst von anderen Hormonen, der Umgebungstemperatur und dem Alter (WERNER u. NAUMANN, 1968), sondern auch von der Rasse. So fanden PIPES et al. (1963) bei Milchrassen eine höhere Aktivität der Schilddrüse als bei Fleischrassen. Dagegen haben reine Milchrassen einen niedrigeren FTI (Freier Thyroxin Index) als Fleischrassen (Tab. 3) (LISTER, 1978).

Dieser scheinbare Gegensatz wird erklärt durch die gesteigerte Verbrauchsrate aufgrund der höheren Milchproduktion.

Tabelle 3: Freier Thyroxin Index (FTI) im Serum verschiedener Rinderrassen

Rasse	FTI im Serum ⁺ SD	
Aberdeen Angus	7,4	1,48
Hereford	6,4	1,96
South Devon	6,3	1,72
Galloway	6,2	1,30
Kerry	6,1	2,17
Guernsey	5,5	0,35
Ayrshire	5,3	1,14
Friesian	5,2	1,00
Luing	4,4	1,66
Jersey	4,3	1,21

(LISTER, 1978).

Bei einem Vergleich von Hereford- und Braham-Rindern waren die Werte der esteren signifikant niedriger. Bei beiden Rassen waren zudem die T_4 -Spiegel der weiblichen Tiere höher als die der männlichen (COWLEY et al., 1971). Noch niedriger als bei Hereford-Rindern lagen die T_4 -Werte bei Holstein-Friesian-Kühen (HART et al., 1975 a und b).

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. TIERMATERIAL, HALTUNG UND FÜTTERUNG

Die Versuche wurden an Kühen der Rasse Holstein-Friesian (HF) auf dem Lehr- und Versuchsgut der Tierärztlichen Fakultät der Ludwigs-Maximilians-Universität München in Oberschleißheim und an Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh (DF) am Staatlichen Versuchsgut in Achselschwang durchgeführt. Gerade diese beiden Rassen erscheinen für diese Arbeit geeignet, da sie zusammen etwa 75 % aller in der Bundesrepublik Deutschland gehaltenen Kühe ausmachen und außerdem rassebedingte Leistungsunterschiede gewährleisten. Angaben über die einzelnen Versuchstiere sind dem Verzeichnis der Kühe in Tabelle 4 zu entnehmen.

Die Versuchsgruppe der Holstein-Friesian-Kühe bestand aus 12 trächtigen Kühen. 8 Tiere befanden sich in der 2. Laktation und 4 Tiere in der 3. Laktation. Die Herde wurde in einem Mehrraumlaufstall mit angeschlossenem Laufhof gehalten. Im Untersuchungszeitraum erhielten die Tiere Heu und Maissilage zur freien Aufnahme und außerdem im Wartestand vor dem Melken pro 2,2 kg Milch, die über 15 kg Milch hinaus erbracht wurden, 1 kg Milchleistungsfutter. Gemolken wurden die Kühe morgens zwischen 04.00 - 06.00 Uhr und abends zwischen 16.00 - 18.00 Uhr.

Die Versuche erstreckten sich von November 1981 bis März 1982 über einen Zeitraum von 20 Wochen.

Die Versuchsgruppe der Deutsch-Fleckvieh-Kühe bestand aus 8 trächtigen Kühen. 5 Tiere befanden sich in der 4. Laktation und 3 Tiere in der 5. Laktation. Die Kühe wurden ebenfalls in einem Laufstall gehalten. Die Fütterung bestand aus Heu und Mais-/Grassilage (Verhältnis 2 : 1) ad libitum. Weiterhin bekamen die Kühe pro 2,2 kg Milch, die sie über 12 kg mehr erbrachten, 1 kg Milchleistungsfutter verabreicht. Die Melkperiode dauerte morgens von 04.30 - 07.30 Uhr und abends von 16.30 bis 19.00 Uhr. Die Versuche erstreckten sich von Februar 1982 bis Juni 1982 über einen Zeitraum von 20 Wochen.

Tabelle 4: Verzeichnis der verwendeten Kühe der Rassen
Holstein-Friesian (HF) und Deutsches Fleckvieh
(DF)

Lfd. Nr.	Nr./ Name	Lakta- tion	Vorjahresleistung ¹ (305 Tage)			100-Tage- ² leistung
			Milch (kg)	Fett (%)	Eiweiß (%)	FCM ³

HF						
1	760	3	5571	3,72	3,51	2943
2	798	2	6011	3,26	3,33	
3	799	2	5967	4,45	3,52	2808
4	806	2	4734	3,84	3,51	3345
5	803	2	5389	4,25	3,41	2977
6	800	2	6830	3,87	3,38	3843
7	804	2	6001	3,71	3,13	2779
8	758	3	8489	3,55	3,34	3470
9	801	2	6190	4,46	3,28	2581
10	808	2	6429	3,95	3,08	2662
11	757	3	7263	3,83	3,27	3009
12	773	3	7220	3,62	3,48	3361
$\bar{x}$			6341	3,88	3,35	3071
SD			997,8	0,36	0,15	388

DF						
13	Ballina	4	7518	4,30	3,76	2267
14	Hanni	5	5954	3,82	3,54	2100
15	Zirbe	4	3647	3,74	3,20	2753
16	Halda	4	5336	3,82	3,65	2027
17	Vivi	5	6422	3,87	3,29	2793
18	Salve	5	6659	3,73	3,64	1708
19	Premel	4	7558	3,81	3,50	2613
20	Zilli	4	5686	4,08	3,56	2210
$\bar{x}$			6098	3,90	3,52	2309
SD			1273,1	0,20	0,19	382

- 1) Jahreslaktationsleistung berechnet auf 305 Tage
- 2) 100-Tageleistung im Versuchszeitraum
- 3) FCM = 4 % fett-korrigierte Milch

2.2. ZEITLICHER VERSUCHSABLAUF

Die Blutprobenentnahme erfolgte in Oberschleißheim jeweils zwischen 09.00 Uhr und 09.30 Uhr und in Achselschwang zwischen 08.30 Uhr und 09.00 Uhr. Um eine pünktliche und reibungslose Probengewinnung zu gewährleisten, wurden die Kühe direkt nach dem Melken angebunden und erhielten bis zum Ende der Probenentnahme kein Futter mehr vorgelegt. Um einen aussagekräftigen Zeitraum um den Geburtstermin herum erfassen zu können, wurden ante partum (a.p.) drei Wochen, bzw. eine Woche vor dem errechneten Kalbetermin und post partum (p.p.) jeweils eine, zwei, drei, vier und sechs Wochen danach Blutproben genommen. In den Fällen, in denen der errechnete Termin der Abkalbung nicht mit dem tatsächlichen Termin übereinstimmte, wurden zusätzlich Proben genommen, um unterschiedliche Zeitintervalle zu vermeiden.

2.3. PROBENGWINNUNG UND KONSERVIERUNG

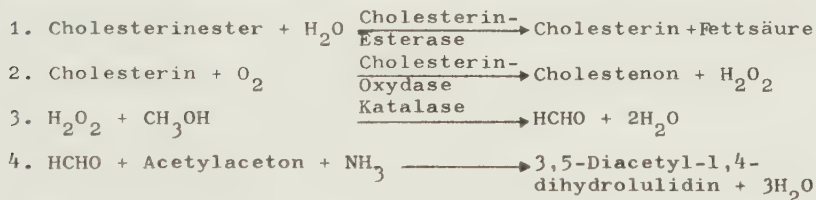
Die Gewinnung der Blutproben erfolgte durch Punktion der Vena jugularis mittels einer Braunüle (Fa. Braun, Melsungen) und eines Verlängerungskatheters (Fa. Vygon, Aachen). Das Blut wurde für die Thyroxinbestimmung mit EDTA-Monovetten (Fa. Sarstedt, Nümbrecht) und für die Cholesterinbestimmung mit heparinisierten Monovetten (Fa. Sarstedt, Nümbrecht) vorsichtig aspiriert. Bei Entnahme von aufeinanderfolgenden Proben für die gleichzeitige Bestimmung mehrerer Metaboliten im Zuge anderer Forschungsvorhaben an denselben Tieren wurde während der Pausen die Braunüle sowie der Katheter mit einem Gerinnungshemmer (3,5 % Na-citrat, Fa. Fresenius) aufgefüllt. Bei der jeweils darauf folgenden Blutentnahme wurde der erste Teil (ca. 1 ml) des Aspirates verworfen.

Nach der Entnahme wurden die Proben in einem Eisbad sofort ins Labor transportiert. Die Dauer des Probentransportes lag zwischen 20 Minuten und einer Stunde.

Alle Proben wurden anschließend sofort zentrifugiert und das Plasma bei -18°C eingefroren.

2.4. ANALYTISCHE METHODEN

Plasma-Cholesterin wurde als freies und verestertes Cholesterin mit Hilfe der Testkombination "Cholesterin" (Fa. Boehringer, Mannheim), entsprechend den Angaben von RÖSCHLAU et al. (1974) bestimmt. Das Testprinzip für verestertes Cholesterin beruht auf folgenden Reaktionen:



Bei freiem Cholesterin gelten die Gleichungen 2, 3 und 4. Der Meßbereich, ohne Verdünnung der Proben, liegt bei diesem Verfahren bei $0,129 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ - $12,9 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Die Ergebnisse des veresterten Cholesterins wurden als Differenz von Gesamt- und freiem Cholesterin errechnet.

Die Extinktionen der Proben wurden jeweils gegen einen Proben-Leerwert mit Hilfe eines Photometers der Fa. Eppendorf, Hamburg, bei Hg 405 nm und einer Temperatur von 37°C in Glasküvetten mit einer Schichtdicke von einem Zentimeter gemessen.

Die Bestimmung von Thyroxin erfolgte nach dem enzymimmunologischen in-vitro-Test zur quantitativen Bestimmung von Gesamt-Thyroxin (Fa. Boehringer, Mannheim) ebenfalls nach Anleitung. Bei dem auf dem Kompetitionsprinzip beruhenden Test konkurrieren im ersten Inkubationsabschnitt Serum - Thyroxin und POD- (PEROXIDASE, EC 1.11.1.7.) markiertes Thyroxin um eine vorgegebene geringe Menge von spezifischen Thyroxin-Antikörpern. Die Menge des sich bildenden Antikörper-Thyroxin-POD-Komplexes stellt ein Maß für den Thyroxin-Gehalt der Probe dar. Darauf wurden das nicht gebundene Thyroxin - POD - Konjugat und sämtliche Serum-Bestandteile entfernt. Nach

Zusatz von H_2O_2 und Chromogen entstand ein Farbstoff, der gegen eine Substrat-Pufferlösung mit Hilfe des Photometers (Eppendorf, Hamburg) bei λ 405 nm gemessen wurde. Die Auswertung erfolgte über eine Bezugskurve, die mit den vorgegebenen Standards erstellt wurde.

2.5. STATISCHE METHODEN

Die Meßergebnisse für Cholesterin und Thyroxin beruhen auf Doppelbestimmungen und wurden als Mittelwerte und Streuungen ($\bar{x} \pm SD$) angegeben.

Der Vergleich der Mittelwerte für Cholesterin zwischen beiden Rassen wurde mittels U-Test nach Wilcoxon, Mann und Whitney (SACHS, 1972) durchgeführt. Ebenso wurde mit den Mittelwerten für Thyroxin verfahren.

Zum Vergleich der Werte von HF- und DF-Kühen im jeweils gleichen Laktationsstadium wurde der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen durchgeführt.

Zur Berechnung der Beziehungen zwischen den beiden Stoffwechselparametern beider Rassen als auch beider Stoffwechselparameter und der 100 - Tage - Milchleistung wurde der Korrelationskoeffizient mit Hilfe einer Signifikanz-Tabelle für r (DOCUMENTA GEIGY, 1968) auf Signifikanz gegen Null geprüft.

3. ERGEBNISSE

3.1. CHOLESTERINGEHALT IM PLASMA

3.1.1. CHOLESTERINSPIEGEL BEI HF-KÜHEN

Die Ergebnisse der Cholesterinbestimmung im Plasma der HF-Kühe sind in den Tabellen 5 und 6 wiedergegeben. Der mittlere Verlauf des Gesamt-Cholesterins ist in Abbildung 1, des veresterten und freien Cholesterins in Abbildung 2 dargestellt. Der Gesamt-Cholesterin-Spiegel lag drei Wochen vor der Geburt bei $576 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und sank bis zur zweiten Woche ante partum auf $526 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Eine Woche nach der Geburt war der Ausgangswert mit $581 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ schon leicht überschritten.

Von der ersten bis zur sechsten Woche post partum stieg die Konzentration an und erreichte am 42. Tag post partum $1323 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Sowohl der Abfall, wie auch der stufenweise Anstieg waren mit $p < 0,001$ signifikant.

Die Gehalte des veresterten und des freien Cholesterins zeigten in demselben Zeitabschnitt die gleiche Tendenz. Der Spiegel des veresterten Cholesterins betrug drei Wochen vor der Geburt $453 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, fiel zur Geburt hin ab und stieg post partum auf $1045 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ am 42. Tag an. Der Ausgangswert war hier am 7. Tag nach der Geburt deutlich überschritten. Die Differenz der Konzentrationen vom 13. Tag p.p. und 42. Tag p.p. war mit $p < 0,01$ gesichert. Alle übrigen Konzentrationsvergleiche ergaben eine Signifikanz von $p < 0,001$.

Der Spiegel des freien Cholesterins fiel von $123 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ drei Wochen a.p. auf $93 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zwei Wochen a.p. und stieg ebenfalls nach der Geburt stufenweise an. Sechs Wochen nach der Kalbung betrug die Konzentration $278 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Alle statistischen Differenzberechnungen ergaben $p < 0,001$.

Das Verhältnis von verestertem zu freiem Cholesterin lag zwischen 3,6 : 1 und 4,6 : 1, wobei direkt um die Kalbung

Tabelle 5

Gesamt-Cholesterin im Plasma von HF-Kühen

Zeit	n	Gesamt-Cholesterin
$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$
		(mg · l ⁻¹)
<u>Tage a.p.</u>		
23 $\pm$ 12	12	576,0 $\pm$ 169,5 ^a
14 $\pm$ 10	12	526,2 $\pm$ 123,1 ^b
<u>Tage p.p.</u>		
7 $\pm$ 1	11	581,4 $\pm$ 128,4 ^c
13 $\pm$ 2	11	738,7 $\pm$ 177,3 ^d
20 $\pm$ 3	12	927,6 $\pm$ 226,5 ^e
27 $\pm$ 2	12	1086,8 $\pm$ 291,8 ^f
42 $\pm$ 4	12	1323,1 $\pm$ 363,7 ^g

Signifikanz der Differenz:

n.s. : a:b, a:c

p<0,01 : a:d, d:e

p<0,05 : b:c, e:f

p<0,001 : alle übrigen Wertepaare

Tabelle 6

Verestertes und freies Cholesterin im Plasma von HF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm SD$	n	verestertes Cholesterin $\bar{x} \pm SD$	freies Cholesterin $\bar{x} \pm SD$	Verhältnis Ester:frei
		(mg · l ⁻¹)		
<u>Tage a.p.</u>				
23 $\pm$ 12	12	453,0 $\pm$ 138,3 ^A	123,0 $\pm$ 54,5 ^a	3,7 : 1
14 $\pm$ 10	12	433,0 $\pm$ 107,8 ^B	93,2 $\pm$ 28,9 ^b	4,6 : 1
<u>Tage p.p.</u>				
7 $\pm$ 1	11	466,1 $\pm$ 110,2 ^C	115,3 $\pm$ 26,6 ^c	4,1 : 1
13 $\pm$ 2	11	581,4 $\pm$ 152,9 ^D	157,3 $\pm$ 36,6 ^d	3,7 : 1
20 $\pm$ 3	12	727,4 $\pm$ 183,2 ^E	200,2 $\pm$ 52,8 ^e	3,6 : 1
27 $\pm$ 2	12	857,1 $\pm$ 248,5 ^F	229,7 $\pm$ 59,1 ^f	3,6 : 1
42 $\pm$ 4	12	1044,6 $\pm$ 318,7 ^G	278,5 $\pm$ 74,2 ^g	3,8 : 1

Signifikanz der Differenz:

n.s. : A:B, A:C, a:c, a:d, b:c

p<0,01 : A:D, D:E, E:G, a:e, a:f, f:g

p<0,05 : B:C, E:F, a:b, e:f

p<0,001 : alle übrigen Wertepaare

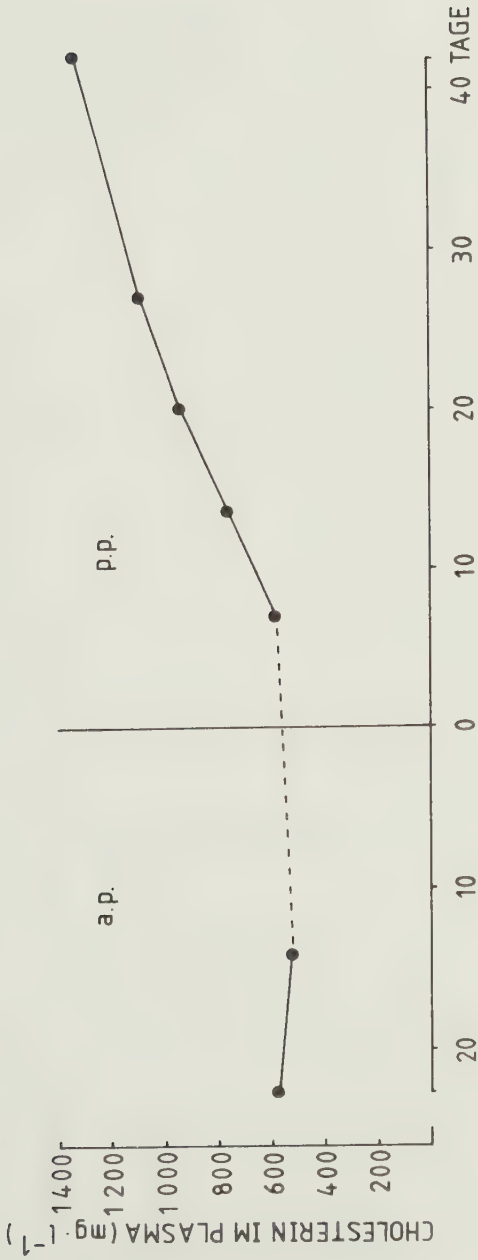


Abbildung: 1 Mittlerer Verlauf des Cholesteringehaltes im Plasma der HF-Kühe

(vgl. Tab. 5)

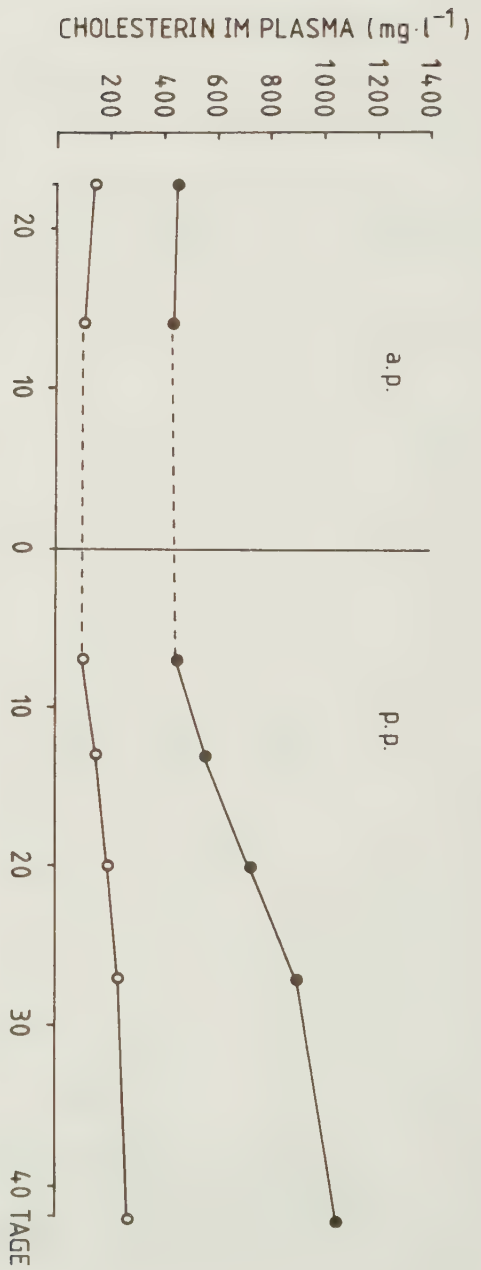


Abbildung: 2 Mittlerer Verlauf des Gehaltes von verestertem Cholesterin (●) und freiem Cholesterin (O) im Plasma der HF-Kühe (vgl. Tab. 6)

das Verhältnis deutlich zugunsten des veresterten Cholesterins verschoben war. 14 Tage a.p. war der höchste Quotient (4,6 : 1) und vier Tage p.p. der zweithöchste (4,1 : 1) zu beobachten.

Die Streuungen aller drei Metaboliten veränderten sich mit den Mittelwerten, wobei direkt vor und nach der Geburt die geringsten Streuungen auffielen. Hier verhielten sich die Tiere offensichtlich einheitlicher.

In den Abbildungen 3 und 4 sind für zwei Kühe die individuellen Verlaufsformen von Gesamt-, verestertem und freiem Cholesterin wiedergegeben, um über die Streuung hinaus die Eigenart einzelner Tiere deutlich hervorzuheben. Die Auswahl erfolgte unter dem Gesichtspunkt der Vorjahreslaktationsleistung, berechnet auf 305 Tage. Kuh Nr. 4 wies von allen HF-Versuchskühen mit 4734 kg Milch die niedrigste und Kuh Nr. 8 mit 8489 kg Milch die höchste Vorjahresleistung auf.

Sowohl bei Kuh Nr. 4 als auch bei Kuh Nr. 8 ergibt sich ein stetiger Anstieg des Gesamt-Cholesterin-Spiegels vom Versuchsbeginn bis zum Versuchsende am 42. Tag p.p.

Das Niveau des Verlaufs liegt bei Kuh Nr. 8 deutlich höher als bei Kuh Nr. 4. Bei Versuchsbeginn betrug der Konzentrationsunterschied 27 %, am Versuchsende 37 %. Der schon vor der Geburt höher liegende Gesamt-Cholesterin-Spiegel stieg bei Kuh Nr. 8 also bis zum 42. Tag p.p. deutlich steiler an als bei Kuh Nr. 4.

Die Verläufe des veresterten Cholesterins zeigten bei beiden Kühen die gleiche Tendenz wie die des Gesamt-Cholesterins. Der Niveauunterschied war jedoch geringer. Die Konzentration lag für Kuh Nr. 8 vor der Geburt um 2 % niedriger als bei Kuh Nr. 4. Der Anstieg a.p. war im Gegensatz zu dem Gesamt-Cholesterin-Spiegel für Kuh Nr. 8 steiler, so daß die Konzentration am Versuchsende um 39 % höher lag als bei Kuh Nr. 4.

Beim Vergleich des Freien-Cholesterin-Spiegels wies Kuh Nr. 4 einen kontinuierlichen Anstieg auf, während der Ver-

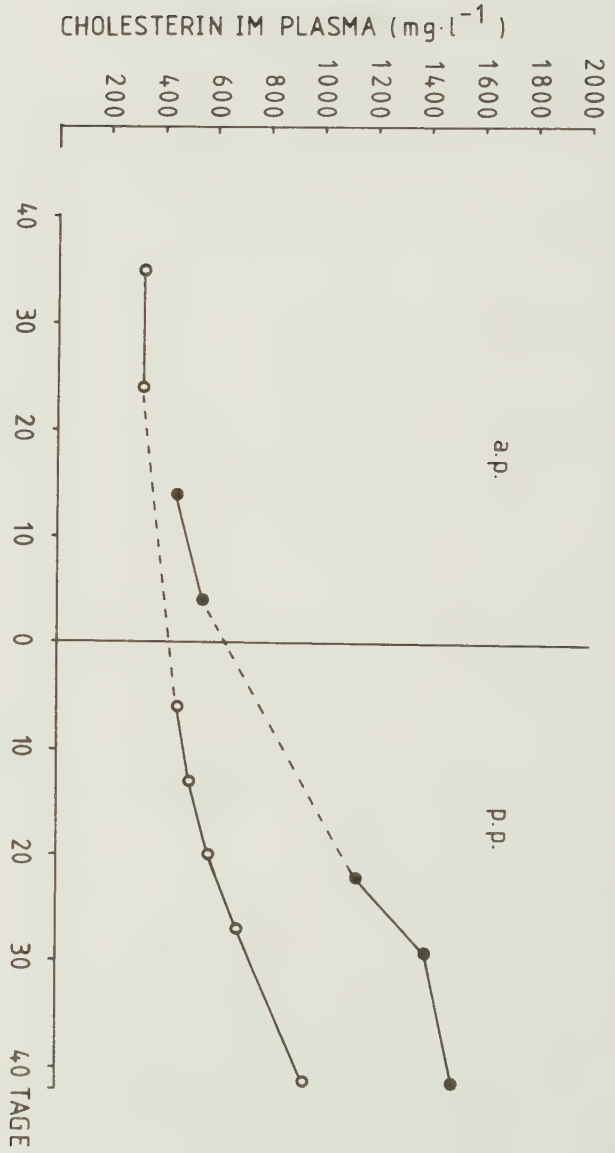


Abbildung: 3 Individueller Verlauf des Gesamt-Cholesterins im Plasma
von 2 HF-Kühen (Nr. 4 ○ und Nr. 8 ●)



Abbildung: 4 Individueller Verlauf des veresterten Cholesterins (—) und des freien Cholesterins (···) im Plasma von 2 HF-Kühen (Nr. 4 ○ und Nr. 8 ●)

lauf bei Kuh Nr. 8 durch einen Abfall der Konzentration vom 13. Tag a.p. zum 3. Tag a.p. und vom 29. Tag p.p. zum 42. Tag p.p. gekennzeichnet war.

Diese Beispiele zeigen, trotz des ähnlichen Verlaufs des Gesamt-Cholesterin-Spiegels, eine relativ starke Individualität in bezug auf die Spiegel des veresterten Cholesterins und des freien Cholesterins.

3.1.2. CHOLESTERINSPIEGEL BEI DF-KÜHEN

Die Ergebnisse der Cholesterinbestimmung im Plasma der DF-Kühe sind in Tabelle 7 und 8 wiedergegeben. Der mittlere Verlauf des Gesamt-Cholesterins ist in Abbildung 5, der des veresterten und freien Cholesterins in Abbildung 6 dargestellt.

Bei Versuchsbeginn, 6 Wochen a.p., lag der Gesamt-Cholesterin-Spiegel bei $617 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und sank stufenweise bis zum 4. Tag a.p. auf $443 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ab. Danach erfolgte ein Anstieg über den 7. Tag p.p. mit $458 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zum 29. Tag p.p. mit $852 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Erst am 18. Tag nach der Geburt war der Ausgangswert überschritten. Die Differenz vom 4. Tag a.p. zum 7. Tag p.p. war nicht signifikant. Die Signifikanz der Differenz vom 4. Tag a.p. zum 18. Tag p.p. betrug $p < 0,01$, alle übrigen Differenzberechnungen ergaben eine Signifikanz von $p < 0,05$. Beim veresterten und freien Cholesterin erfolgten die Konzentrationsveränderungen zu denselben Zeitpunkten wie beim Gesamt-Cholesterin.

Der Spiegel des veresterten Cholesterins betrug sechs Wochen vor der Geburt $498 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und sank über den 23. Tag a.p. bis zum 4. Tag a.p. auf $358 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Nach der Geburt stieg die Konzentration von $370 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ am 7. Tag p.p. bis zum 29. Tag p.p. auf $687 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Der Ausgangswert war hier am 18. Tag nach der Kalbung leicht überschritten. Die Differenz der Konzentrationen vom 4. Tag a.p. zum 7. Tag p.p. sowie vom 7. Tag p.p. zum 10. Tag p.p. war nicht signifikant. Der Unterschied des Gehaltes an verestertem Cholesterin vom 4. Tag a.p. zum 18. Tag p.p. und vom 7. Tag p.p. zum 18. Tag p.p. war mit $p < 0,01$ signifikant. Alle übrigen Differenzberechnungen ergaben eine Signifikanz von $p < 0,05$.

Der Spiegel des freien Cholesterins fiel vom 40. Tag a.p. von $119 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zum 4. Tag a.p. auf $86 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. P.p. stieg die Konzentration stufenweise von $88 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ am 7. Tag p.p. auf $165 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ am 29. Tag p.p. an. Der Ausgangswert war auch hier am 18. Tag p.p. überschritten. Die Differenz des

Tabelle 7

Gesamt-Cholesterin im Plasma von DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm \text{SD}$	n	Gesamt-Cholesterin $\bar{x} \pm \text{SD}$
		(mg · l ⁻¹)
<u>Tage a.p.</u>		
40 $\pm$ 6	6	617,0 $\pm$ 163,8 ^a
23 $\pm$ 9	8	518,0 $\pm$ 165,3 ^b
4 $\pm$ 2	8	443,6 $\pm$ 130,2 ^c
<u>Tage p.p.</u>		
7 $\pm$ 1	8	458,1 $\pm$ 153,8 ^d
10 $\pm$ 5	6	566,7 $\pm$ 197,5 ^e
18 $\pm$ 2	8	632,2 $\pm$ 204,8 ^f
25 $\pm$ 2	7	752,0 $\pm$ 226,1 ^g
29 $\pm$ 3	7	851,6 $\pm$ 245,4 ^h

Signifikanz der Differenz:

p $\leq$ 0,01 : c:f, d:f

p $\leq$ 0,05 : a:b, a:c, b:c, b:g, b:h, c:g, c:h,
d:e, d:g, d:h, e:g, e:h, f:g, f:h

Für folgende Beziehungen liessen sich keine
Signifikanzen berechnen, da n zu gering ist:
a:e, a:g, a:h

Tabelle 8

Verestertes und freies Cholesterin im Plasma von DF-Kühen

Zeit	n	verestertes Cholesterin	freies Cholesterin	Verhältnis Ester:frei
$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	
		(mg · l ⁻¹)		
<u>Tage a.p.</u>				
40 ± 6	6	497,5 ± 143,6 ^A	119,5 ± 37,4 ^a	4,2 : 1
23 ± 9	8	420,5 ± 138,7 ^B	97,5 ± 42,5 ^b	4,3 : 1
4 ± 2	8	357,5 ± 109,7 ^C	86,3 ± 31,6 ^c	4,1 : 1
<u>Tage p.p.</u>				
7 ± 1	8	369,8 ± 139,4 ^D	88,3 ± 28,3 ^d	4,2 : 1
10 ± 5	6	455,8 ± 174,8 ^E	110,8 ± 53,9 ^e	4,1 : 1
18 ± 2	8	501,5 ± 174,5 ^F	130,8 ± 48,1 ^f	3,8 : 1
25 ± 2	7	595,0 ± 193,4 ^G	157,0 ± 48,1 ^g	3,8 : 1
29 ± 3	7	686,6 ± 185,3 ^H	165,0 ± 75,6 ^h	4,2 : 1

Signifikanz der Differenz:

p ≤ 0,01 : C:F

p ≤ 0,05 : A:C, B:C, B:G, B:H, C:G, C:H, D:F,
D:G, D:H, F:G, F:H

b:f, b:g, b:h, c:c, c:f, c:g, c:h

d:f, d:g, d:h

Für folgende Beziehungen liessen sich keine Signifikanzen berechnen, da n zu gering ist: A:E, A:F, A:G, A:H
a:e, a:f, a:g, a:h, d:e, e:f, e:g, f:h

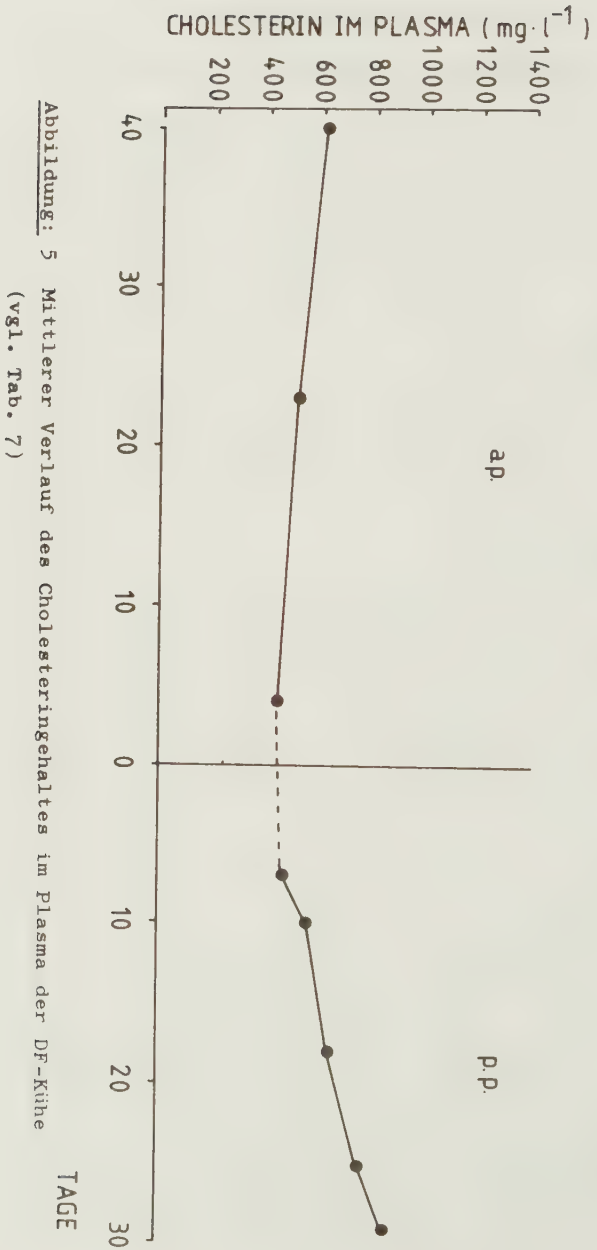


Abbildung: 5 Mittlerer Verlauf des Cholesteringehaltes im Plasma der DF-Kühe
(vgl. Tab. 7)

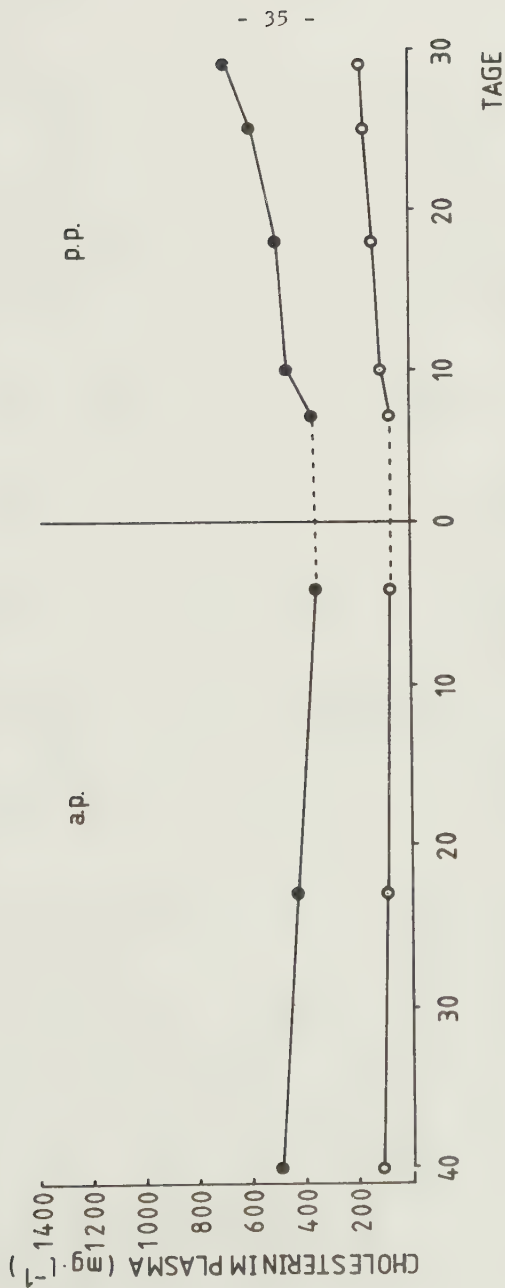


Abbildung: 6 Mittlerer Verlauf des Gehaltes von verestertem Cholesterin (●)
und freiem Cholesterin (○) im Plasma der DF-Kühe
(vgl. Tab. 8)

freien Cholesterins war vom 7. Tag p.p. zum 10. Tag p.p., vom 18. Tag p.p. zum 29. Tag p.p. und vom 25. Tag zum 29. Tag p.p. nicht signifikant.

Das Verhältnis von verestertem zu freiem Cholesterin lag zwischen 3,8 : 1 und 4,3 : 1. Im Gegensatz zu den Quotienten der HF-Kühe konnte hier keine so auffallend deutliche Verschiebung des Verhältnisses zugunsten des veresterten Cholesterins um die Geburt herum festgestellt werden. Die Quotienten verhalten sich bei DF-Kühen über den gesamten Versuchszeitraum auffallend einheitlich. Die Streuungen aller drei Metaboliten stiegen und fielen ähnlich denen der HF-Kühe analog zu den Mittelwerten. Auch hier konnte die geringste Streuung um die Geburt beobachtet werden.

In Abbildung 7 und 8 wurden für zwei Kühe die individuellen Verlaufsformen von Gesamt-, verestertem und freiem Cholesterin aus der Gesamtheit der in dieser Herde verwendeten Versuchstiere unter dem Gesichtspunkt der Vorjahreslaktationsleistung ausgewählt. Kuh Nr. 15 erbrachte mit 3647 kg Milch die niedrigste Leistung nicht nur aller DF-Kühe, sondern auch aller Versuchstiere zusammen. Kuh Nr. 19 zeigte mit 7558 kg Milch die höchste Vorjahresleistung unter den DF-Kühen.

Im Gegensatz zu den unter gleichem Kriterium ausgewählten HF-Kühen, bei denen ein stetiger Anstieg über den gesamten Versuchszeitraum zu verzeichnen war, fielen die Gesamt-Cholesterin-Konzentrationen vom Versuchsbeginn zur Kalbung ab. Nach der Geburt stieg der Gesamt-Cholesterin-Spiegel bei Kuh Nr. 19 bis zum 6. Tag p.p. verhalten und danach steiler an. Bei Kuh Nr. 15 sank der Spiegel über das Kalbedatum hinaus weiter bis zum 7. Tag p.p. ab und stieg erst dann an. Die Konzentrationssteigerung vom Versuchsbeginn bis zum Versuchsende betrug für Kuh Nr. 19 66 % und für Kuh Nr. 15 58 %, wobei für Kuh Nr. 19 über den gesamten Verlauf ein deutlich höheres Niveau zu beobachten war.

Die Verläufe des veresterten Cholesterins zeigten bei



Abbildung: 7 Individueller Verlauf des Gesamt-Cholesterins im Plasma
von 2 DF-Kühen (Nr. 15 ● und Nr. 19 ○)

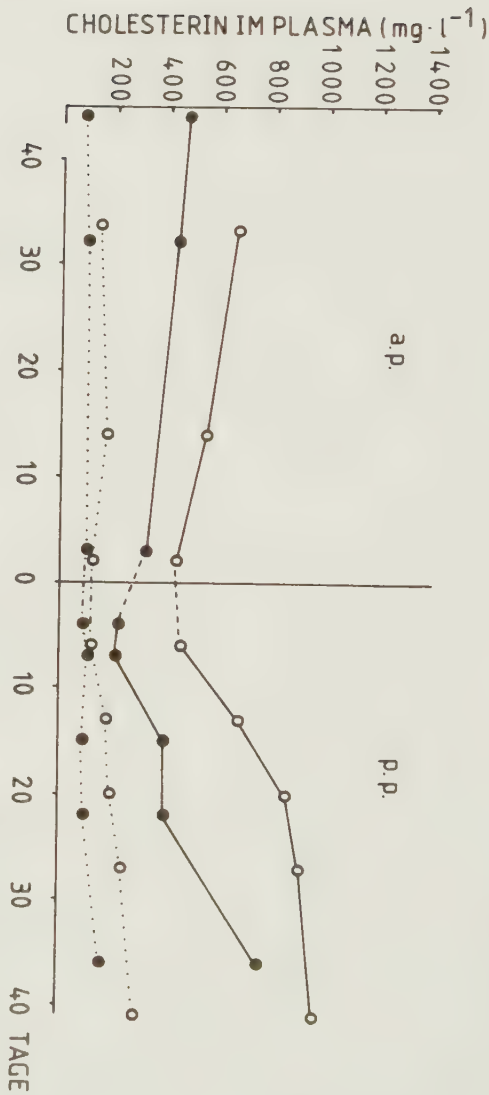


Abbildung : 8 Individueller Verlauf des veresterten Cholesterins (—) und des freien Cholesterins (---) im Plasma von 2 DF-Kühen (Nr. 15 ● und Nr. 19 ○)

beiden Kühen die gleiche Tendenz wie die des Gesamt-Cholesterins. Beim Vergleich der Konzentrationsunterschiede am 1. und am letzten Versuchstag fiel auf, daß der Plasma-Spiegel des veresterten Cholesterins bei Kuh Nr. 19 um 71 % und bei Kuh Nr. 15 um 61 % gestiegen war. Der Anteil des veresterten Cholesterins am Gesamt-Cholesterin stieg also in besagtem Zeitraum stärker an als der des freien Cholesterins.

Bei der Betrachtung des Freien-Cholesterin-Spiegels - antepartum und post partum - fielen gegensätzliche Verläufe auf. Die Konzentration des freien Cholesterins stieg bei Kuh Nr. 19 vom 33. Tag a.p. zum 14. Tag a.p. an, fiel dann über das Kalbedatum hinaus bis zum 6. Tag p.p. ab. Anschließend war ein nahezu kontinuierlicher Anstieg bis Versuchsende zu verzeichnen. Bei Kuh Nr. 15 zeigte der Spiegel des freien Cholesterins vom 1. bis zum letzten Probeentnahmetag einen leichten Anstieg. Lediglich zwischen dem 13. Tag p.p. und dem 27. Tag p.p. war ein Abstieg zu beobachten. Der Konzentrationsunterschied vom Versuchsbeginn zum Versuchsende betrug bei Kuh Nr. 19 49 % und bei Kuh Nr. 15 45 %.

Bei den beiden ausgewählten Beispielen aus der DF-Herde zeigte sich eine wesentlich stärkere Individualität der einzelnen Tiere in bezug auf Gesamt-, verestertes und freies Cholesterin als bei den HF-Kühen.

3.1.3. VERGLEICH DER CHOLESTERINSPIEGEL VON HF- UND DF-KÜHEN

Eine Übersicht über die Unterschiede im Plasmagehalt der Versuchstiere aus beiden Herden verschafft Tabelle 9 für Gesamt-Cholesterin und Tabelle 10 für verestertes und freies Cholesterin.

Die Werte für alle drei Parameter sind weder am 23. Tag ante partum, noch am 27. bzw. 29. Tag post partum signifikant verschieden.

Die Differenzberechnungen für den 7. Tag und den 20. bzw. 18. Tag p.p. ergaben eine Signifikanz zwischen $p < 0,005$ und $p < 0,01$.

Beim Vergleich des Verhältnisses vom veresterten und freien Cholesterin fällt auf, daß der Anteil des veresterten Cholesterins am Gesamt-Cholesterin bei den DF-Kühen zu jedem Versuchszeitpunkt höher war als bei den HF-Tieren. Besonders drei Wochen a.p. und vier Wochen p.p. war der Anteil wesentlich höher als der des freien Cholesterins. Eine Woche und drei Wochen p.p. bestanden nur geringe Unterschiede.

Tabelle 9

Unterschiede im Gesamt-Cholesteringehalt des Blutplasmas
bei HF- und DF-Kühen

Kühe	n	Zeit $\bar{x} \pm SD$	Gesamt-Cholesterin ($mg \cdot l^{-1}$) $\bar{x} \pm SD$	Signifikanz p
		<u>Tage a.p.</u>		
HF	12	23 $\pm$ 12	579,0 $\pm$ 169,5	n.s.
DF	8	23 $\pm$ 9	518,0 $\pm$ 165,3	
		<u>Tage p.p.</u>		
HF	11	7 $\pm$ 1	581,4 $\pm$ 128,4	< 0,05
DF	8	7 $\pm$ 1	458,1 $\pm$ 153,8	
HF	12	20 $\pm$ 3	927,6 $\pm$ 226,5	< 0,01
DF	8	18 $\pm$ 2	632,2 $\pm$ 204,8	
HF	12	27 $\pm$ 2	1086,8 $\pm$ 291,8	n.s.
DF	7	29 $\pm$ 3	851,6 $\pm$ 245,4	

Tabelle 10

Unterschiede des freien und veresterten Cholesterins im Blutplasma von HF- und DF-Kühen

Kühe	n	Zeit	verestertes Cholesterin ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) $\bar{x} \pm \text{SD}$	Signifikanz p	freies Cholesterin ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) $\bar{x} \pm \text{SD}$	Signifikanz p
		<u>Tage a.p.</u>				
HF	12	23 $\pm$ 12	453,0 $\pm$ 138,3	n.s.	123,0 $\pm$ 54,5	n.s.
DF	8	23 $\pm$ 9	420,5 $\pm$ 138,7		97,5 $\pm$ 42,5	
		<u>Tage p.p.</u>				
HF	11	7 $\pm$ 1	474,3 $\pm$ 110,2	< 0,05	115,3 $\pm$ 26,6	< 0,05
DF	8	7 $\pm$ 1	369,8 $\pm$ 139,4		88,3 $\pm$ 28,3	
HF	12	20 $\pm$ 3	727,4 $\pm$ 183,2	< 0,005	200,2 $\pm$ 52,8	< 0,02
DF	8	18 $\pm$ 2	501,5 $\pm$ 174,5		130,8 $\pm$ 48,1	
HF	12	27 $\pm$ 2	837,1 $\pm$ 248,5	n.s.	229,7 $\pm$ 59,1	n.s.
DF	7	29 $\pm$ 3	686,6 $\pm$ 185,3		165,0 $\pm$ 75,6	

3.2. THYROXINGEHALT IM PLASMA

3.2.1. THYROXINSPIEGEL BEI HF-KÜHEN

Die Meßergebnisse des Thyroxingehaltes im Plasma von HF-Kühen sind in Tabelle 11 zusammengefaßt. Der mittlere Verlauf ist in Abbildung 9, die individuellen Verläufe der fünf Versuchstiere sind in Abbildung 10 dargestellt.

Allen HF-Versuchskühen ist ein Konzentrationsabfall von der 2. Woche a.p. zur 1. Woche p.p. gemeinsam. Dabei sind jedoch starke Unterschiede festzustellen. Die Konzentrationsabnahme lag zwischen 2 % und 75 % des Ausgangswertes. Auch der weitere Verlauf ist uneinheitlich. Lediglich die Kühe Nr. 10 und Nr. 11 zeigten einen steten Anstieg bis zum Versuchsende. (vgl. Abb. 10).

Der Verlauf der Mittelwerte ist durch einen Konzentrationsabfall bis zur 1. Woche p.p. und einen stetigen Anstieg bis zur 6. Woche p.p. mit erheblichen Standardabweichungen gekennzeichnet. Dabei wurde der Ausgangswert bis zum Versuchsende nur zu 91 % erreicht.

Tabelle 11

Thyroxingehalt im Plasma von HF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm SD$	Lfd. Nr. 6	9	10	11	12	$\bar{x}$	SD
	$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$						
<u>Tage a.p.</u>							
14 ± 6	22,4	22,4	11,2	31,8	26,2	22,8	6,7
<u>Tage p.p.</u>							
6 ± 1	12,0	22,0	10,8	11,5	6,5	12,6	5,1
22 ± 2	20,0	18,0	11,9	19,0	11,5	16,1	3,6
43 ± 4	16,0	26,5	17,2	25,4	11,5	19,3	5,7

Für die Differenzen der Mittelwerte gelten folgende
Signifikanzen: Für die Wertepaare 14 Tage a.p. /
6 Tage p.p. und 14 Tage a.p. / 22 Tage p.p. $p < 0,01$,
für die verbleibenden Wertepaare $p < 0,05$.

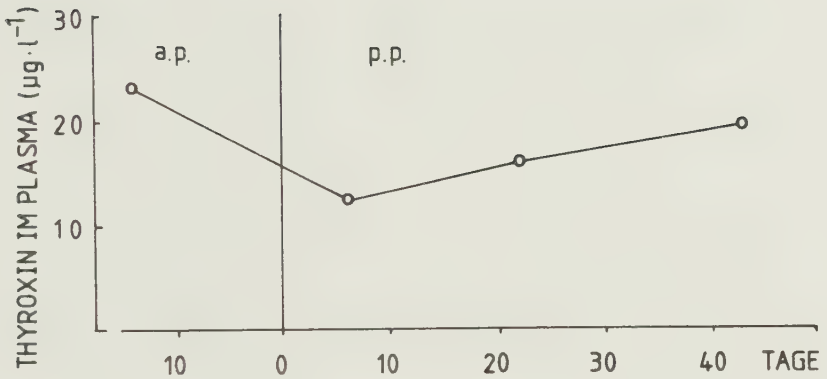


Abbildung: 9

Mittlerer Verlauf des Thyroxingehaltes bei HF-Kühen

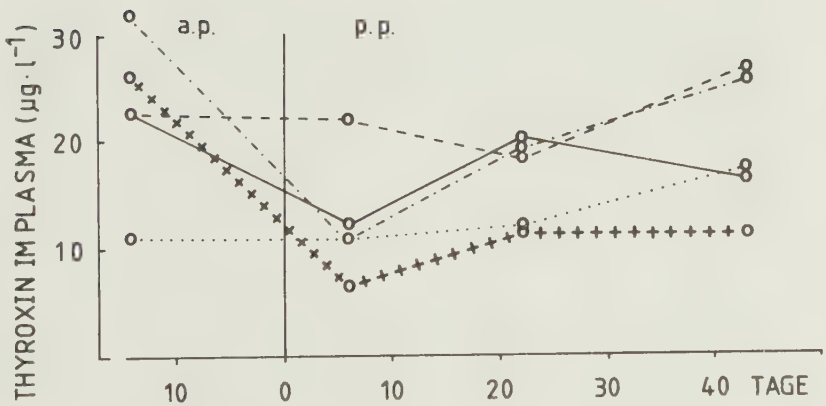


Abbildung: 10

Individuelle Verläufe des Thyroxinspiegels bei fünf HF-Kühen: Nr. 6 (—), Nr. 9 (---), Nr. 10 (.....), Nr. 11 (-.-.-), Nr. 12 (+ +)

3.2.2. THYROXINSPIEGEL BEI DF-KÜHEN

Der Thyroxingehalt im Plasma von DF-Kühen ist mit Mittelwerten und Standardabweichungen der Tabelle 12 zu entnehmen. Abbildung 11 zeigt den mittleren Verlauf und Abbildung 12 die Einzelverläufe der DF-Versuchskühe.

Die Thyroxin-Konzentrationen fielen bei allen fünf Tieren von einer Woche a.p. bis zur 1. Woche p.p. um 3 % - 91 % der Ausgangswerte ab. Anschließend sank bei Kuh Nr. 13 und Kuh Nr. 19 der T_4 -Spiegel bis zur 3. Woche p.p. ab und stieg dann bis zum Versuchsende wieder an. Bei den Kühen Nr. 16 und Nr. 18 erfolgte anschließend ein Abstieg. Für Kuh Nr. 17 war nach dem anfänglichen Abfall zur 1. Woche p.p. ein leichter, aber ununterbrochener Anstieg bis zur 6. Woche p.p. zu verzeichnen. Am Versuchsende waren 19 % der Ausgangs-Thyroxinkonzentration erreicht.

Bei der Betrachtung der Mittelwerte (vgl. Abb. 11) fällt der über das Kalbedatum hinausgehende Konzentrationsabfall auf. Erst vom 19. Tag p.p. an stieg der T_4 -Spiegel wieder an. Die Standardabweichungen waren erheblich. Die Differenz des Thyroxinspiegels vom 7. und 40. Tag p.p. war nicht signifikant. Der Ausgangswert wurde am Ende der Versuchsreihe zu 73 % erreicht.

Tabelle 12

Thyroxingehalt im Plasma von DF-Kühen

Zeit $\bar{x} \pm SD$	Lfd. Nr. 13	16	17	18	19	$\bar{x}$	SD
	$\mu g \cdot l^{-1}$						
<u>Tage a.p.</u>							
9 $\pm$ 5	31,0	26,8	5,3	6,0	44,5	22,1	14,3
<u>Tage p.p.</u>							
7 $\pm$ 1	30,3	19,7	0,5	2,0	29,0	16,3	12,8
19 $\pm$ 3	11,7	21,8	0,8	9,0	18,7	12,4	7,4
40 $\pm$ 3	30,8	15,0	1,0	8,3	26,0	16,2	10,9

Die Differenz zwischen den Mittelwerten 7 und 19 Tage p.p. ist nicht signifikant. Die Differenz zwischen dem 9. Tag a.p. und 19. Tag p.p. ist mit $p=0.01$ signifikant. Bei allen anderen Differenzen ist $p<0.05$

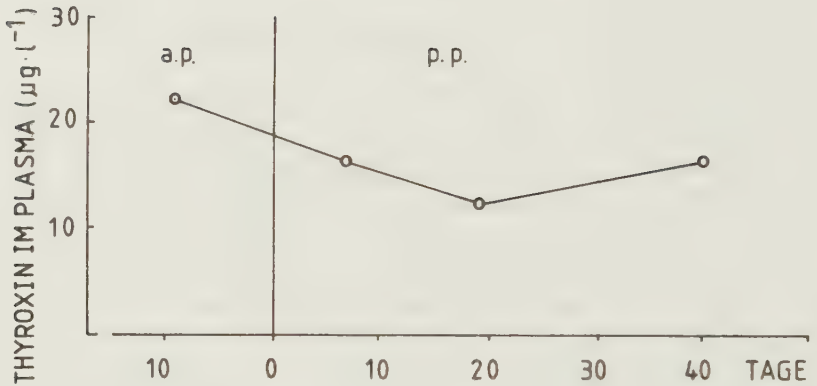


Abbildung: 11

Mittlerer Verlauf des Thyroxingehaltes bei DF-Kühen
(vgl. Tab. 11)

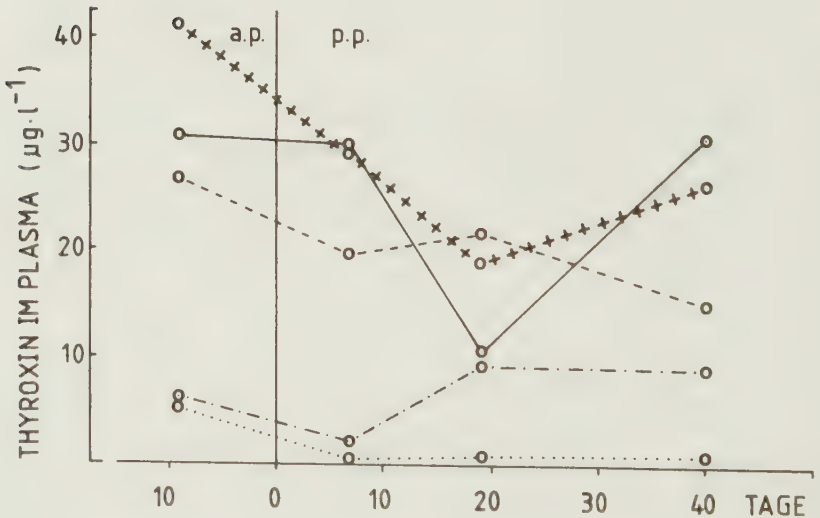


Abbildung: 12

Individuelle Verläufe des Thyroxinspiegels bei fünf
DF-Kühen: Nr. 13 (—), Nr. 16 (---), Nr. 17 (.....),
Nr. 18 (- -), Nr. 19 (++)
(vgl. Tab. 11)

3.2.3. VERGLEICH DER T_4 -SPIEGEL VON HF- UND DF-KÜHEN

Die Mittelwerte der Thyroxin-Konzentration ante partum lagen bei den Versuchstieren beider Herden nahezu gleich hoch. Der niedrigste Mittelwert (das sind bei DF-Kühen 56 % und bei HF-Kühen 55 % des Ausgangswertes) wurden in der Herde der DF-Tiere am 19. Tag p.p., in der Herde der HF-Tiere dagegen schon am 6. Tag p.p. erreicht. Während bei den HF-Kühen am 43. Tag p.p. der Ausgangswert bereits zu 91 % erreicht war, lag dieser Wert bei den DF-Kühen nur bei 73 %. Dabei ist zu beobachten, daß die Herde der DF-Kühe extreme Standardabweichungen aufweist, die mehr als doppelt so hoch sind wie die der HF-Kühe.

3.3. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN STOFFWECHSEL-PARAMETERN

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten die Konzentrationen des Cholesterins und des Thyroxins im Plasma einzeln dargelegt wurden, erfolgt hier eine vergleichende Betrachtung der Metaboliten in ihrem Zusammenhang untereinander. Die Werte für Cholesterin und Thyroxin wurden bei HF 6 Wochen p.p. und DF 3 Wochen p.p. verglichen, da zu diesem Zeitpunkt die Probenentnahmen für Cholesterin und Thyroxin zeitlich dicht beieinander lagen und so einen Vergleich ermöglichten.

In der Gesamtheit aller Versuchstiere beider Rassen ließ sich zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Beziehung zwischen den Stoffwechselparametern Gesamt-, verestertes, freies Cholesterin und Thyroxin feststellen.

Tabelle 13

Beziehung von Cholesterin zu Thyroxin

Parameter	R a s s e			
	HF		DF	
	6 Wochen p.p. r	p	3 Wochen p.p. r	p
Gesamt-Cholesterin/ T_4	0,3605	n.s.	0,008	n.s.
verest.Cholesterin/ T_4	0,0649	n.s.	0,001	n.s.
freies Cholesterin/ T_4	-0,0555	n.s.	-0,094	n.s.

3.4. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN STOFFWECHSEL- PARAMETERN UND MILCHLEISTUNG

Da der gesamte Stoffwechsel gerade um die Geburt und während der einsetzenden Laktation starken Veränderungen unterworfen ist, wurde untersucht, ob und ggf. welche Beziehungen zwischen den untersuchten Plasmametaboliten und der erbrachten Milchleistung bestanden.

Geprüft wurde die Beziehung zwischen Gesamt-, verestertem und freiem Cholesterin und den Milchleistungsparametern Vorjahreslaktationsleistung, 100 - Tage - Leistung und dem MilCHFett. Es konnten keine signifikanten Korrelationen gefunden werden. Lediglich bei der Ermittlung von Beziehungen zwischen Gesamt- und verestertem Cholesterin und dem MilCHFett ergab sich für HF-Kühe ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,462$ und $r = 0,481$ bzw. für DF-Kühe $r = 0,355$ und $r = 0,352$. Diese Höhe der Werte läßt einen signifikanten Zusammenhang erwarten für den Fall, daß eine größere Tierzahl zur Verfügung gestanden hätte.

Auch bei Zusammenfassung beider Rassen ist noch keine Signifinanz gegeben.

Ebenfalls konnte zwischen dem Thyroxinspiegel 6 Wochen p.p. und der Vorjahreslaktationsleistung kein statistisch gesicherter Zusammenhang gefunden werden. Jedoch weisen auch hier die Korrelationskoeffizienten auf eine mögliche Signifikanz bei höheren Tierzahlen als $n=5$ hin.

Tabelle 14

Beziehung von Cholesterin zu Milchleistungsparametern
vier Wochen nach der Kalbung

Parameter	HF		Rasse	
	r	p	r	p
Gesamt-Cholesterin/ Milch 1	0,3605	n.s.	0,1109	n.s.
verestertes Chole- sterin/ Milch 1	0,3723	n.s.	0,1002	n.s.
freies Cholesterin/ Milch 1	0,2438	n.s.	0,1235	n.s.
- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Gesamt-Cholesterin/ 100 Tg.Leistung 2	0,3324	n.s.	0,1536	n.s.
verest. Cholesterin/ 100 Tg.Leistung 2	0,3008	n.s.	0,1205	n.s.
freies Cholesterin/ 100 Tg.Leistung 2	0,3997	n.s.	-0,2326	n.s.
- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Gesamt-Cholesterin/ Fett %	-0,4623	n.s.	-0,3554	n.s.
verestertes Chole- sterin/ Fett %	-0,4808	n.s.	-0,3518	n.s.
freies Cholesterin/ Fett %	0,1921	n.s.	0,2394	n.s.

1 Vorjahreslaktationsleistung, berechnet auf 305 Tage.

2 100 - Tage - Leistung in 4 % Fett korrigierter Milch.

4. DISKUSSION

Cholesterin ist das wichtigste und weitverbreitetste Sterin im Tierkörper. Es ist wesentlicher Strukturbestandteil der tierischen Zellmembranen und der Mitochondrien. Es ist einerseits Vorstufe zahlreicher Hormone, andererseits durch seinen Umbau zu Gallensäuren maßgeblich am Fettstoffwechsel beteiligt. Über seinen Ausgangsstoff Acetyl-CoA ist es eng mit dem Kohlenhydratstoffwechsel verbunden. Im Plasma ist seine Konzentration signifikanten Schwankungen unterworfen, die sich besonders im peripartalen Zeitraum manifestieren. Dies ist besonders bei Hochleistungsrassen zu erwarten, da gerade diese Tiere extremen stoffwechselphysiologischen Belastungen unterliegen. Aus diesem Grunde wurden für die vorliegenden Untersuchungen einerseits Tiere einer reinen Milchrasse (Holstein-Friesian) und andererseits einer Zweinutzungsrasse mit Betonung der Fleischleistung (Deutsches Fleckvieh) ausgewählt. Bei beiden Rassen fiel die Plasmakonzentration des Gesamtcholesterins zur Geburt hin ab und stieg anschließend bis zum Versuchsende in der 4. - 6. Woche post partum deutlich an. Die Minimalwerte wurden am 4. Tag (DF) bzw. am 14. Tag (HF) ante partum gemessen. Möglicherweise fielen die Werte des Plasmacholesterins bei den HF-Kühen zwischen dem 14. Tag ante partum und der Geburt noch weiter ab, jedoch konnte dies durch die Art der Probenentnahme nicht erfaßt werden. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde des weiteren zwischen freiem und verestertem Cholesterin unterschieden, da das Verhältnis dieser Komponenten ebenfalls Schwankungen unterliegt (CHRISTIE, 1981). Diese Schwankungen können gegebenenfalls diagnostisch ausgewertet werden und Hinweise auf Stoffwechselstörungen sowie Hepatopathien geben. Beispielsweise deutet ein "Estersturz", d.h. ein plötzlicher rapider Anstieg des unveresterten Cholesterins bei abfallendem Anteil der Cholesterinester, auf Unfähigkeit der Leber zur Veresterung und somit auf eine Hepatopathie hin. Dabei ist jedoch in Betracht zu ziehen, daß die Veresterung des Cholesterins beim Rind sowohl in der Leber

als auch im Plasma über das Plasma-Lezithin-Cholesterin-Acyltransferase-System (LCAT) stattfindet (BELL, 1981). Die Schwankungen in den Proportionen zeigen sich ebenfalls besonders zum Zeitpunkt der Geburt (REMOND et al., 1973). Bei den beiden untersuchten Rassen steigen die Werte für verestertes Cholesterin post partum stärker an als die für freies Cholesterin. Es steigen dabei jedoch nur die absoluten Werte stärker, wohingegen das Verhältnis von verestertem zu freiem Cholesterin gleich bleibt bzw. leicht abfällt. Bei diesem Verhältnis konnte im Laufe der Laktation keine signifikante Veränderung festgestellt werden. Der absolute Anstieg der Cholesterinester ist möglicherweise damit zu erklären, daß die Speicherung des Cholesterins in den Zellen nur in veresteter Form stattfindet. Wird nun in Belastungssituationen vermehrt Cholesterin angefordert, so wird dieser Bedarf nicht nur durch Synthese, sondern auch durch Entspeicherung eben dieses veresterten Cholesterins aus den Zellen gedeckt. Bei einsetzender Milchsekretion steigt der Fettbedarf sprunghaft an. Er muß unter anderem über die Nahrung gedeckt werden. Für den Transport und die Resorption des vermehrt aufgenommenen Fettes muß vermehrt Cholesterin bereitgestellt werden. Beim Wiederkäuer wird diese Funktion vor allem von den Cholesterinestern wahrgenommen (BELL, 1981). Für die niedrigen Plasmawerte des freien Cholesterins ist möglicherweise der Abfluß in die Milch von Bedeutung, denn in der Milch liegt Cholesterin - wenn auch absolut in geringen Mengen - nur in freier Form vor. Dabei ist jedoch noch nicht endgültig geklärt, ob das Cholesterin in der Milch aus dem Plasma oder aus der Eigensynthese der Milchdrüse stammt.

Hinsichtlich der Interaktionen mit anderen Hormonen ist zuerst das Insulin zu beachten. Auch Insulin weist zum Zeitpunkt der Geburt im Plasma ein Minimum auf und steigt dann im Laufe der Laktation an (VEITINGER, 1983). Insulin wirkt maßgeblich anabol und führt zu einem vermehrten Fettaufbau. Dazu wird vermehrt Glycerin gebraucht. Durch die

dadurch bedingten metabolischen Vorgänge fällt verstärkt Pyruvat an, das über Acetyl-CoA u.a. zu Cholesterin umgebaut wird. Dadurch erklärt sich ein gleichsinniges Verhalten von Cholesterin und Insulin. Der Insulinspiegel ist zu Beginn der Laktation niedrig, weil bei Hochleistungsrassen extrem viel Glukose bereitgestellt werden muß für den Milchzuckeraufbau. Dies ist jedoch nur möglich bei niedrigem Insulinspiegel, da Insulin physiologischerweise bei hohem Blutzuckerspiegel sofort in Aktion treten würde, um durch verschiedene Maßnahmen blutzuckersenkend zu wirken. Der niedrige Insulinspiegel in der Früh-laktation, der auch nach Glukosebelastung nicht wesentlich steigt (VEITINGER, 1983), läßt auf eine diabetesartige Stoffwechsellage schließen (GIESECKE und STANGASSINGER, 1982). Hinzu kommt, daß dieser Insulinmangel die Milchzelle nicht hindert, Glukose aufzunehmen, da dieser Mechanismus unabhängig vom Insulin ist (GRAF, 1984). Durch den oben beschriebenen niedrigen Insulinspiegel um die Geburt herum (VEITINGER, 1983) steigt infolge des erhöhten Fettabbaues der Gehalt der Freien Fettsäuren im Blut (MEYER, 1983). VEITINGER (1983) weist in diesem Zusammenhang auch auf einen gleichsinnigen Anstieg der Ketonkörper und des Cholesterins hin. Der bei der vorliegenden Arbeit gefundene Verlauf des Cholesterins weist jedoch gegenläufige Tendenz auf, d.h. um die Geburt herum wurde ein Minimum verzeichnet. Dies spricht für die Erklärung, daß die Cholesterinsynthese in Abhängigkeit von der durch den niedrigen Insulinspiegel bedingten Lipolyse sinkt. Aus diesem Grunde kann der Cholesterinspiegel, der sich im Zeitraum um die Geburt ebenso verhält wie das Insulin, herangezogen werden als Parameter für die diabetesähnliche Stoffwechselsituation.

Der Cholesterinstoffwechsel wird zudem erheblich durch die Schilddrüsenhormone beeinflusst. Mehreren Literaturangaben zufolge sind die Cholesterinkonzentrationen niedrig bei hohen T_4 -Werten (TAKEUCHI et al., 1975; STORY u. GRIFFITH, 1972). Diese Ergebnisse konnten jedoch nicht bestätigt werden.

In den vorliegenden Untersuchungen verhielten sich Cholesterin und Thyroxin gleichsinnig. Da für die fortschreitende Laktation ständig mehr Glukose bereitgestellt werden muß, werden alle Mechanismen in Gang gesetzt, die dazu verhelfen. Dazu gehört auch das Hormon Glukagon, das glykogenolytisch wirkt. Die Schilddrüsenhormone stellen zusätzlich mit dem Wachstumshormon Somatotropin (STH) zusammen Energie in Form von Glycerin und freien Fettsäuren bereit, die sie aus den Fettdepots mobilisieren (GRAF, 1984). Dies erklärt den wachsenden Bedarf u.a. an Schilddrüsenhormonen bei Anlaufen der Laktation. DICKSON (1977) hingegen führt das von ihm beschriebene gegenläufige Verhalten von Thyroxin und Cholesterin darauf zurück, daß der Anstieg des Serum-Cholesterin-Spiegels bei T_4 -Abfall auf verringerter biliärer Sekretion und herabgesetzter Umwandlung des Cholesterins beruht. Ebenso sinkt nach seiner Hypothese bei Thyroxin-Überschuß der Cholesterinspiegel im Plasma durch den rascheren Um- und Abbau in Gallensäuren. Aus den vorliegenden Ergebnissen und den oben genannten Untersuchungen heraus konnte die von DICKSON (1977) aufgezeigte Wechselwirkung von T_4 und Cholesterin nicht bestätigt werden.

Wie auch EDFORS-LILJA et al. (1978) fanden, besteht keine Korrelation zwischen Cholesterinkonzentration und Milchleistung. Lediglich für die Kombinationen Gesamt- und verestertes Cholesterin und MilCHFett ergab sich ein Korrelationskoeffizient, der positive signifikante Korrelationen bei größeren Tierzahlen vermuten läßt. Dies ist zu erwarten nach den Überlegungen, daß der wachsende Insulinspiegel zu einem steigenden Fettaufbau führt, der zusätzlich durch die Wirkung der Schilddrüsenhormone unterstützt wird, die Energie in Form von Glycerin und freien Fettsäuren bereitzustellen. Der Thyroxinspiegel, der kurz vor der Geburt niedrig ist, einige Tage post partum auf ein Minimum sinkt und dann im Laufe der Laktationen ansteigt, stimmt mit den von KUNZ und BLUM (1981), KING (1979), MIXNER (1962), HEITZMAN et al. (1972), HART et al. (1978 u. 1979) und RIIS

(1983 a und b) gefundenen Verlaufsformen überein.

Die relativ niedrige Glukosekonzentration zu Beginn der Laktation bei Hochleistungskühen, die mit sehr niedrigen Insulinspiegeln verbunden ist (RIIS, 1983 a; VEITINGER, 1983) führt zu einem niedrigen Nährstoffangebot in allen anderen Körpergeweben außer der Milchdrüse. Anabole Prozesse in den großen Fett- und Proteindepots sinken auf basale Werte (RIIS, 1983 a). Deshalb muß das Absinken des Plasma-Thyroxins in der Phase unmittelbar post partum gesehen werden als wichtiger Anpassungsmechanismus, der dem Körper hilft, mit dieser Art der Unterernährung fertig zu werden. Ein niedriger T_4 -Spiegel bedeutet eine geringe Turn-over-Rate, die die Proteolyse und Lipolyse in den Körpergeweben herabsetzt. Das bedeutet, daß die Rate des Körperverschlusses in Grenzen gehalten wird. Aus diesen Zusammenhängen schloß RIIS (1983 a), daß die Syntheseleistung der Milchdrüse unabhängig vom T_4 -Plasmaspiegel sein muß und daß die Schilddrüsensekretion abhängig ist von der Glukoseverfügbarkeit im Blut. In Zeiten hoher Milchleistung, d.h. in der Frühlaktation, ist die Glukoseverfügbarkeit gering und der Plasma- T_4 -Spiegel niedrig. Daraus läßt sich eine negative Korrelation zwischen Thyroxin und Milchleistung ableiten (RIIS, 1983 a), die jedoch in den vorliegenden Untersuchungen aufgrund der geringen Probenanzahl statistisch nicht gesichert werden konnte.

5. ZUSAMMENFASSUNG

An Kühen einer Holstein - Friesian - Herde (HF) und einer Deutsch - Fleckvieh - Herde (DF) mit hoher Milchleistung wurden von 3 - 4 Wochen vor bis 6 Wochen nach der Kalbung die Konzentrationen von Gesamt-, verestertem und freiem Cholesterin sowie Thyroxin im Blutplasma gemessen.

1. Die Gesamt - Cholesterin - Spiegel betrugen 3 Wochen a.p. bei HF und DF $576 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $518 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und sanken zur Geburt hin ab. Am 7. Tag p.p. lag die Konzentration bei $581 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $458 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und stieg bis zum Versuchsende auf $1323 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $852 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.
2. Die Konzentration des veresterten Cholesterins lag 3 Wochen a.p. bei HF und DF bei $453 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $421 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, sank zur Geburt hin ab und stieg über den 7. Tag p.p. mit $466 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $369 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ zum Versuchsende auf $1045 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $687 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.
3. Der Plasmaspiegel des freien Cholesterins betrug 3 Wochen a.p. bei HF und DF $123 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $98 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und sank ebenfalls zur Geburt hin ab. Am 7. Tag p.p. lagen die Werte bei $115 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $88 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und stiegen bis zum Versuchsende auf $279 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $165 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.
4. Die Plasmawerte des Thyroxins betrugen bei HF und DF 14 bzw. 9 Tage a.p. $22,8 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $22,1 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ und sanken bis 1 Woche p.p. auf $13 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $16 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ ab. 6 Wochen p.p. betrug die Konzentration $19 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ bzw. $16 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$. Die Standardabweichungen waren besonders bei DF - Tieren erheblich.
5. Zwischen den Stoffwechselfparametern Gesamt-, verestertes und freies Cholesterin und Thyroxin ließ sich keine signifikante Beziehung feststellen.

6. Beziehungen zwischen den gemessenen Parametern und der Milchleistung ergaben sich nicht. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamt- und verestertem Cholesterin und dem MilCHFett lassen bei beiden Rassen eine Signifikanz bei höherer Versuchstierzahl erwarten.
- Auch die Korrelationskoeffizienten von Thyroxin zur Vorjahreslaktationsleistung weisen auf eine mögliche Signifikanz bei $n > 5$ hin.

6. SUMMARY

Investigation on cholesterol and thyroxine blood plasma levels in Holstein-Friesian and Deutsch-Fleckvieh cows with high milk yield.

The blood plasma concentrations of free, esterified and total cholesterol and thyroxine had been investigated in a herd of Holstein-Friesian (HF) and Deutsch-Fleckvieh (DF) cows with high milk yield during 3 - 4 weeks before and 6 weeks after parturition.

1. The level of total cholesterol 3 weeks a.p. averaged $576 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in HF cows and $518 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in DF cows and decreased until delivery. 7 days p.p. the level reached $581 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ und $458 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and increased till the end of investigation up to $1323 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $852 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.
2. The concentration of esterified cholesterol, which was $453 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $421 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in HF and DF cows 3 weeks a.p., decreased until birth and increased again until the end of experiment up to $1045 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $687 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. The 7th day p.p. the level averaged $466 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $369 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.
3. The blood plasma level of free cholesterol 3 weeks before parturition was $123 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in HF cows and $98 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in DF cows. It decreased as well until delivery. 7 days p.p. the values amounted to $115 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $88 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and increased up to $279 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ and $165 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ at the end of investigation.
4. The plasma concentration of thyroxine averaged $22,8 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ in HF cows 14 days p.p. and $22,1 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ in DF cows 9 days p.p.. These levels decreased to $13 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ and $16 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ until one week after parturition. 6 weeks p.p. the concentration raised up to $19 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$ respectively $16 \text{ ug} \cdot \text{l}^{-1}$. The statistic variations were extremely high in DF cows.

5. There were no significant correlations between the metabolic parameters total cholesterol, free and esterified cholesterol and thyroxine.
6. No correlation could be found between the parameters which had been measured and milk yield. Considering the correlation coefficient between total and esterified cholesterol and milk fat of both races a significance can be expected in the case of a higher amount of cows investigated.
The correlation coefficient between thyroxine and past year's milk yield points at a likely significance in case of $n > 5$.

7. LITERATURVERZEICHNIS

ANDERSON, R. R. (1971)

Secretion rates of thyroxine and triiodothyronine in dairy cattle

J. Dairy Sci. 54, 1195-1199

BELL, A. W. (1981)

Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals

in: CHRISTIE, W. W. (1981)

Lipid metabolism in ruminant animals

Pergamon Press, Oxford

BEYNEN, A. C. (1983)

The level of plasma cholesterol, a determinant of glucose tolerance

Am. J. clin. Nutr. 37, 155-156

BOSTEDT, H. (1972)

Der Einfluß der normalen und gestörten Geburt auf einige klinisch-chemisch feststellbare Blutparameter bei Rind und Schaf

Habil. Schrift, München

BRAY, G. A. (1978)

Endocrine factors in the modulation of food intake

Proc. Nutr. Soc. 37, 301-309

BUDDECKE, E. (1980)

Grundriß der Biochemie, 6. Aufl.

Verlag Walter de Gruyter & Co, Berlin

CHRISTIE, W. W. (1981)

Lipid metabolism in ruminant animals

Pergamon Press, Oxford

CONNORS, J. M. and G. A. HEDGE (1981)

Feedback regulation of thyrotropin by thyroxine under physiological conditions

Am. J. Physiol. 240, E 308-E 313

CORNELIUS, E. and J. J. KANECO (1963)

Clinical biochemistry of domestic animals

Academic Press, New York und London

COWLEY, J. J., J. H. GUTIERREZ, A. C. WARNICK, J. F. HENTGES Jr. and J. P. FEASTER (1971)

Comparison of thyroid hormone levels in Hereford and Braham saddle

J. Animal Sci. 32, 981-983

DICKSON, W. M. (1977)

Endocrinology, reproduction, and lactation
- Endocrine glands -

in: SWENSON, M. J. (1977)
Dukes' physiology of domestic animals, 9th ed.

Cornell University Press, Ithaca and London

DOCUMENTA GEIGY (1968)

Wissenschaftliche Tabellen, 7. Aufl.

Redaktion: H. Diem und C. Leutner

Herausgeber: J. R. Geigy A.G., Pharma, Basel

EDFORS-LILJA, I., B. GAHNE, K. LUNDSTROM, K. DARELIUS and L.E. EDQUIST (1978)

Repeatability and genetic variation of cholesterol concentration in bovine blood plasma. Correlation with growth rate, carcass quality and milk production

Swedish J. agr. Res. 8, 113-122

ERTL, A. (1985)

Untersuchungen über den Plasma-Insulinspiegel und über Insulin-Rezeptoren der Erythrozyten bei Holstein-Friesian-Kühen

Diss. med. vet., München

FUQUAY, J. W., L. T. CHAPIN and W. H. BROWN (1980)

Short term post-partum heat stress in dairy cows

Internat. J. Biometeor. 24, 141-148

FURTMAYR, L. (1975)

Untersuchungen über Metabolitkonzentrationen und Enzymaktivitäten im Blutserum von Hochleistungsrindern

Diss. med. vet., München

GIESECKE, D. (1981)

Zum Problem stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen

Tierzüchter 12, 520-522

- GIESECKE, D. und M. STANGASSINGER (1982)
Limits of metabolic performance in high-yielding dairy cows
Animal Res. and Developm. 16, 95-102
- GRAF, F., H. TENHUMBERG und H. KRÄUSSLICH (1980)
Genetic influences on the values of metabolites and enzymes in the blood of dairy cows
in: Metabolic Disorders in Farm Animals
(D. GIESECKE, G. DIRKSEN und M. STANGASSINGER Hrsg.),
S. 54-58
Institut für Tierphysiologie, München 1980
- GRAF, F. (1984)
Stoffwechsel und Endokrinologie von Hochleistungskühen
Züchtungskde. 56, 344-350
- HART, I. C., J. A. BINES, C. C. BALCH and A. T. COWIE (1975a)
Hormone and metabolite differences between lactating beef and dairy cows
Life Sci. 16, 1285
- HART, I. C., J. A. BINES, A. T. COWIE and C. C. BALCH (1975b)
A comparison of hormones and metabolites in the circulation of beef and dairy cattle
J. Endocrin. 65, 3
- HART, I. C., J. A. BINES, S. V. MORANT and J. L. RIDLEY (1978)
Endocrine control of energy metabolism in the cow: comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle in various stages of lactation
J. Endocrin. 77, 333-345
- HART, I. C., J. A. BINES and S. V. MORANT (1979)
Endocrine control of energy metabolism in the cow: correlations of hormones and metabolites in high- and low-yielding cows for stages of lactation
J. Dairy Sci. 62, 270-277
- HEIDRICH, H. J. und W. RENK (1963)
Krankheiten der Milchdrüse bei Haustieren
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

HEITZMAN, R. J. and C. B. MALLISON (1972)

A comparison of the thyroxine levels in the plasma of healthy, starved and acetonæmic dairy cows

Res. Vet. Sci. 13, 591-593

HJÄRRE, A. (1929)

Die physiologische Variation im Cholesteringehalt des Blutes bei Kühen sowie das Verhältnis zwischen puerperaler Hypercholesterinämie und Acetonämie

Diss. med. vet., Berlin

HURLEY, W. L., E. M. CONVEY, K. LEUNG, L. A. EDGERTON and R. W. HEMKEN (1981)

Bovine prolactin, TSH, T_4 and T_3 concentrations as affected by tall fescue summer toxicosis and temperature

J. Animal Sci. 51, 374-379

INGRAM, D. L. and S. E. EVANS (1980)

Dependence of thyroxine utilization rate on dietary composition

Br. J. Nutr. 43, 525-531

KARG, H. und R. CLAUS (1981)

Laktation

in: Rinderzucht (H. KRÄUSSLICH Hrsg.), S. 211-223

Ulmer-Verlag, Stuttgart

KEIDEL, W. D. (1979)

Kurzgefasstes Lehrbuch der Physiologie, 5. Aufl.

Georg Thieme-Verlag, Stuttgart

KING, J. O. L. (1979)

The effects of ketosis in dairy cows on body weight, milk yield and milk composition

Br. Vet. J. 135, 40-43

KOSAK, F. (1980)

Untersuchungen über die Konzentration der Freien Fettsäuren im Blutplasma zur Ermittlung stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen

Diss. med. vet., München

KRÄUSSLICH, H. (1981)

Rinderzucht

Ulmer-Verlag, Stuttgart

KRONFELD, D. S., S. DONOGHUE, R. L. COPP, F. M. STEARNS and
R. H. ENGLE (1982)

Nutritional status of dairy cows indicated by analysis
of blood

J. Dairy Sci. 65, 1925-1933

KUNZ, P. and J. W. BLUM (1981)

Effect of pre- and postparturient energy intake on
blood plasma levels of hormones and metabolites in
cows

in: Metabolic Disorders in Farm Animals

(D. GIESECKE, G. DIRKSEN und M. STANGASSINGER Hrsg.),
S. 49-53

Institut für Tierphysiologie, München, 1981

LARVOR, P. (1983)

The pools of cellular nutrients: minerals

in: Dynamic Biochemistry of Animal Production

(P.M. RIIS ed.), S. 281-317

Elsevier, Amsterdam

LEINING, K. B., H. A. TUCKER and J. S. KESNER (1980)

Growth hormone, glucocorticoid and thyroxine response
to duration, intensity and wave length of light in pre-
pubertal bulls

J. Animal Sci. 51, 932-942

LISTER, D. (1978)

Some neuroendocrine aspects of growth

in: DE BOER, H. und J. MARTIN (1978)

Patterns of growth and development in cattle

Current Topics in Veterinary Medicine, Bd. 2
Martinus Nijhoff, The Hague, Boston, London

MEYER, H. (1983)

Untersuchungen über die Fettgewebslipolyse zu Beginn
der Laktation bei Kühen mit hoher Milchleistung

Diss. med. vet., München

- MIXNER, J. P., D. H. KRAMER and K. T. SZABO (1962)
Effects of breed, stage of lactation and season of
year on thyroid secretion rate of dairy cows as
determined by the chemical thyroxine turnover method
J. Dairy Sci. 45, 999-1002
- PAILER, M. und P. RIEDEL (1978)
Sterine in Weidegräsern
Monatshefte für Chemie 109, 1167-1176
- PIPES, J. R. (1963)
Effect of season, sex and breed on the thyroxine
secretion rate of beef cattle and a comparsion with
dairy cattle
J. Animal Sci. 22, 476
- PUPPIONE, D. L., N. E. SMITH, C. K. CLIFFORD and
A. J. CLIFFORD (1980)
Relationships among serum lipids, milk production
and physiological status in dairy cows
Comp. Biochem. Physiol. 65A, 319-323
- REMOND, B., R. TOULLEC and M. JOURNET (1973)
Effect of stage of lactation on lipid metabolites in
dairy cows
Animal Biochem. Biophys. 13, 363-380
- RIIS, P. M. (1983a)
Adaptation of metabolisms to various conditions:
nutritional and other environmental conditions
in: Dynamic Biochemistry of Animal Production
(P.M. RIIS ed.), S. 319-357
Elsevier, Amsterdam
- RIIS, P. M. (1983b)
The pools of tissue constituents and products:
proteins
in: Dynamic Biochemistry of Animal Production
(P. M. RIIS ed.), S. 75-108
Elsevier, Amsterdam

ROBERTSON, W. G., H. D. LENNON Jr., W. W. BALLEY, and
J. P. MIXNER (1957)

Interrelationships among plasma 17-hydroxycorticosterone levels, plasma proteine-bound iodine levels and ketosis in dairy cattle

J. Dairy Sci. 40, 732-738

SACHS, L. (1972)

Statistische Anwendungsmethoden

Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

SOMMER, H. (1970)

Zur Überwachung der Gesundheit des Rindes mit Hilfe klinisch-chemischer Untersuchungsmethoden

Arch. exp. Vet. Med. 24, 735-776

STÖCKL, W., M. SCHUK und S. SCHMID (1975)

Über das Verhalten von Glukose, Thyroxin, Vitamin A, β -Carotin, Methionin und Vitamin B₁₂ im Blut erstgebärender Rinder während der Puerperälphase

Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 35, 281-288

STRYER, L. (1983)

Biochemie, 2. Aufl.

Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig und Wiesbaden

STORY, J. A. and D. R. GRIFFITH (1972)

Effects of thyroxine and exercise on serum and hepatic cholesterol in mature rats

Hormone and Metabolic Res. 4, 380-382

SUTHERLAND, L. and C. H. G. IRVINE (1974)

Effect of season and pregnancy on total plasma thyroxine concentrations in sheeps

Am. J. Vet. Res. 35, 311-312

SWENSON, M. J. (1977)

Dukes' physiology of domestic animals, 9th ed.

Cornell University Press, Ithaca and London

TAKEUCHI, N., M. ITO, K. UCHIDA and Y. YAMAMURA (1975)

Effect of modification of thyroid function on cholesterol 7 α -hydroxylation in rat liver

Biochem. J. 148, 499-503

THEVIS, W. (1984)

Untersuchung der Insulinresistenz bei Holstein-Friesian-Kühen mit Hilfe der Glukose-Clamp-Technik

Diss. med. vet., München

TRENKLE, A. (1978)

Relation of hormonal variations to nutritional studies and metabolism of ruminants

J. Dairy Sci. 61, 281-293

TRETEVICH, V. I., K. F. SLOBODYAHIK and I. A. DUBINKA (1979)

Effect of biologically active substances on metabolism in the blood and on the milk production on cows

Visnik Sil'S'Kogospodars'Koi Nauki 5, 42-45

VEITINGER, W. (1983)

Untersuchungen über die Insulinfunktion zu Beginn der Laktation bei Kühen der Rassen Holstein-Friesian und Deutsches Fleckvieh

Diss. med. vet., München

WALSH, D. S., J. A. VESELY and S. MAHADEVAN (1980)

Relationship between milk production and circulating hormones in dairy cows

J. Dairy Sci. 63, 290-294

WERNER, S. C. and J. A. NAUMAN (1968)

The thyroid

Ann. Rev. Physiol. 30, 213

ZIEGLER, H. und W. MOSIMANN (1960)

Anatomie und Physiologie der Milchdrüse

Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin

LEBENS LAUF

Jörn Radtke	geboren am 30. Juli 1954 in Husum
Eltern	Jürgen Busch, Kaufmann Elfriede Dormann-Radtke, geb. Radtke, Kauffrau
Familienstand	verheiratet
Schul Ausbildung	1961 - 1965 Volksschule Leer 1965 - 1974 Humanistischer Zweig des Ubbo-Emmius-Gymnasiums Leer 1974 Reifeprüfung
Wehrdienst	Juli 1974 - September 1975
Universitäts- ausbildung	WS 1976/77 Forstwissenschaft an der Ludwig-Maximilians-Universität München; Juli 1977 - Mai 1978 Laborant im Institut für Andrologie und Haustierbesamung der Tierärztlichen Hochschule Hannover; 1978 - 1980 Studium der Tiermedizin an der Tierärztlichen Hochschule Hannover; 1980 - 1984 Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München; 1984 Staatsexamen und Approbation als Tierarzt. Seit 1981 Doktorand bei Herrn Professor Dr. D. Giesecke am Institut für Physiolo- gie, Physiologische Chemie und Ernährungs- physiologie im Fachbereich Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München.
Gegenwärtige Tätigkeit	Seit 01.01.1985 tätig als angestellter Tierarzt

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. D. Giesecke für die Überlassung des Themas, die stets gewährte freundliche Unterstützung und die wissenschaftlichen Anregungen zum Gelingen dieser Arbeit.

Herrn Dr. M. Stangassinger sei gedankt für die Anregungen und Hilfestellung bei der theoretischen Auswertung der Ergebnisse.

Fräulein G. Loibl danke ich für ihre Hilfsbereitschaft sowie allen Mitarbeitern des Labors für die gute Zusammenarbeit.

